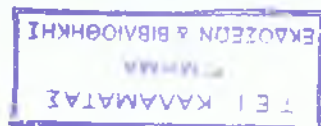
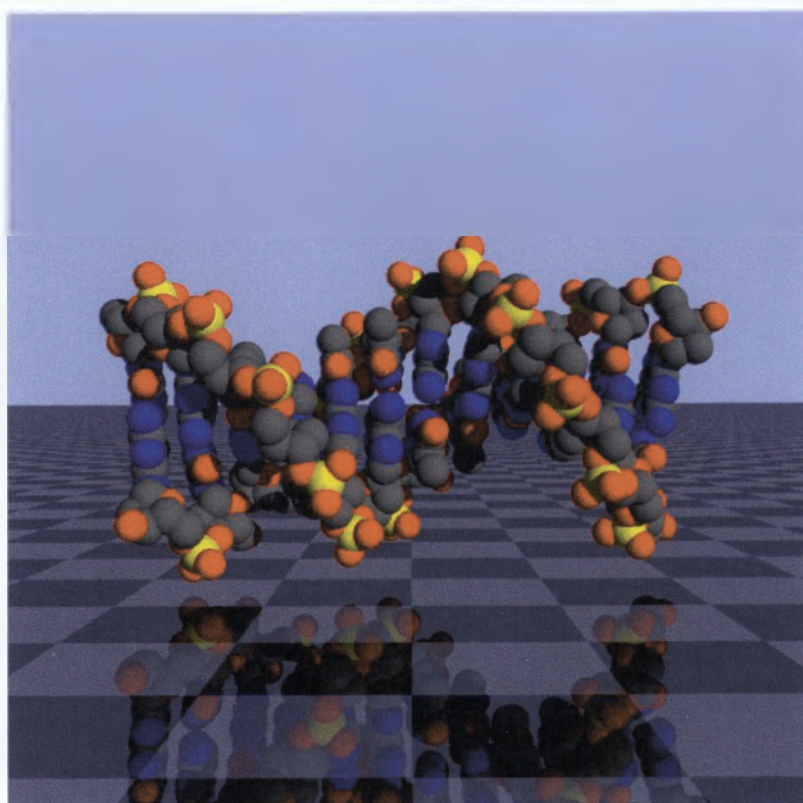


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Προοπτικές-Προβλήματα από την εφαρμογή της Γενετικής Μηχανικής και της Βιοτεχνολογίας στον πρωτογενή και δευτερογενή τομέα της Γεωργίας”.



Σπουδάστρια: *Τσατραφύλλια Σοφία*
Εισηγητές: *κ. Μαρκόπουλος Κοριάκος*
κ. Παπαδοπούλου Καλλιόπη

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2002

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ...

Για την διεκπεραίωση αυτής της πτυχιακής μελέτης συνέβαλαν κάποιοι άνθρωποι τους οποίους ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια και την υπομονή τους.

Ευχαριστώ τον κ. Κυριάκο Μαρκόπουλο και την κ. Καλλιόπη Παπαδοπούλου για τις σωστές υποδείξεις τους και για την άψογη συνεργασία που είχαμε.

Επίσης, ευχαριστώ τη μητέρα μου που με βοήθησε στο γράψιμο της εργασίας στον υπολογιστή αλλά και για την ψυχολογική υποστήριξη που μου πρόσφερε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | Σελ. |
|--|------|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 1 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ – ΟΡΙΣΜΟΙ | 4 |
| 1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή της Γενετικής Μηχανικής και της Βιοτεχνολογίας | 5 |
| 1.2 Ορισμοί | 8 |
| 1.2.1 Γενετική Μηχανική | 8 |
| 1.2.2 Βιοτεχνολογία | 8 |
| 1.2.3 Γενετικά τροποποιημένος οργανισμός | 9 |
| 1.2.4 Γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα | 9 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ | 10 |
| 2.1 Γενικά | 11 |
| 2.2 Χειρισμός ποιοτικών χαρακτήρων της παραγωγής..... | 13 |
| 2.2.1 Βελτίωση της θρεπτικής αξίας φυτικών προϊόντων..... | 13 |
| 2.2.2 Βελτίωση λειτουργικών φυτικών ιδιοτήτων | 16 |
| a) Έλεγχος της ωρίμανσης φρούτων και του γηρασμού λαχανικών και ανθέων | 16 |
| b) Ποσοτική και ποιοτική τροποποίηση στη σύνθεση υδατανθράκων..... | 19 |
| c) Τροποποίηση στη σύνθεση λιπαρών οξέων..... | 21 |
| d) Γενετική τροποποίηση για αζωτοδέσμευση..... | 24 |
| e) Δημιουργία στείρων φυτών | 25 |
| f) Τροποποίηση της εμφάνισης φρούτων και λαχανικών | 25 |
| 2.2.3 Άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά..... | 26 |
| 2.3 Δημιουργία φυτών ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα | 27 |
| 2.3.1 Ανθεκτικότητα στο Glyphosate..... | 28 |
| 2.3.2 Ανθεκτικότητα στο Phosphinotricin (L – Φωσφινοθρισίνη) | 29 |
| 2.3.3 Ανθεκτικότητα στις Sulphonylureas (Θειουρίες)..... | 29 |
| 2.3.4 Ανθεκτικότητα στο Bromoxynil..... | 30 |
| 2.3.5 Ζιζανιοκτόνα που εμποδίζουν τη βιοσύνθεση των καρωτινοειδών..... | 31 |
| 2.4 Δημιουργία φυτών ανθεκτικών στα έντομα | 33 |
| 2.5 Δημιουργία φυτών ανθεκτικών στους ιούς | 36 |
| 2.6 Φυτά ανθεκτικά στα βακτήρια και τους μύκητες..... | 42 |
| 2.7 Ανθεκτικότητα σε αβιοτικούς παράγοντες..... | 44 |

| | |
|---|----|
| 2.8 Παραγωγή ενώσεων βιομηχανικής χρήσης..... | 46 |
|---|----|

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ 53

| | |
|---|----|
| 3.1 Γενικά | 54 |
| 3.2 Επιπτώσεις στη γενετική ποικιλότητα..... | 54 |
| 3.3 Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και το περιβάλλον | 59 |
| 3.4 Επιπτώσεις από τη δημιουργία γενετικά τροποποιημένων φυτών ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα..... | 65 |
| 3.5 Επιπτώσεις από τη δημιουργία γενετικά τροποποιημένων φυτών ανθεκτικών στα εντομοκτόνα..... | 71 |
| 3.6 Επιπτώσεις από την αξιοποίηση γονιδίων απομακρυσμένων συγγενικά ειδών | 73 |
| 3.7 Οικολογικοί προβληματισμοί ως προς το σύστημα πρόβλεψης των κινδύνων | 74 |
| 3.8 Επιπτώσεις της γενετικής τροποποίησης στην ανθρώπινη υγεία..... | 76 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΗΘΙΚΕΣ ΑΝΗΣΥΧΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ 79

| | |
|---|----|
| 4.1 Γενικά | 80 |
| 4.2 Ηθική υποχρέωση των επιστημόνων προς το κοινωνικό σύνολο..... | 81 |
| 4.3 Αντιπαράθεση σε θέματα ασφάλειας των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών..... | 85 |
| 4.4 Απόψεις εταιρειών και καταναλωτών για τα γενετικά τροποποιημένα προϊόντα..... | 87 |
| 4.5 Φιλοσοφικές αντιπαραθέσεις..... | 93 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ – ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ, ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ, ΕΛΕΓΧΟΣ 96

| | |
|--|-----|
| 5.1 Κανονισμοί ελευθέρωσης γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο φυσικό περιβάλλον | 97 |
| 5.2 Τι προβλέπει η νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η Ελληνική νομοθεσία για τις γενετικά τροποποιημένες τροφές | 99 |
| 5.3 Το νέο νομοθετικό πλαίσιο για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς..... | 102 |
| 5.4 Έγγραφο διαβούλευσης Ευρωπαϊκής Επιτροπής..... | 103 |
| 5.5 Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα και στον υπόλοιπο κόσμο..... | 105 |

| | |
|--|-----|
| 5.6 Διπλώματα Ευρεσιτεχνίας για γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς ... | 112 |
| 5.6.1 Διπλώματα Ευρεσιτεχνίας και νόμος | 112 |
| 5.7 Βιοασφάλεια | 113 |
| ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΑ | 116 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 117 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην ιστορική πορεία της ανθρωπότητας κυρίαρχο ρόλο έπαιξε ένα πλήθος τεχνολογικών εφαρμογών (μεθόδων, τεχνικών κ.λ.π.) οι οποίες ήταν το αποτέλεσμα απόκτησης ολοένα και βαθύτερης επιστημονικής γνώσης σε αντίστοιχους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Ο τομέας της Γεωργίας αποτέλεσε και αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο στην προσπάθεια του ανθρώπου για κάλυψη των βιοτικών αναγκών του σε πρωτογενή και δευτερογενή καταναλωτικά αγαθά. Η παραγωγή τροφίμων και μία πληθώρα άλλων πρωτογενών ή δευτερογενών προϊόντων καθημερινής χρήσης είναι αποτέλεσμα φυσικών ή τεχνικών βιολογικών διαδικασιών που έχουν περάσει στην υπηρεσία του ανθρώπου. Η οικονομική εκμετάλλευση φυτών, ζώων, μικροοργανισμών και γενικότερα του βιολογικού υλικού που έχουμε στη διάθεσή μας, στηρίζεται κάθε μέρα και περισσότερο σε νέες μεθόδους και τεχνικές που έχουν την επιστημονική τους βάση στην πρόοδο βασικών επιστημών όπως είναι οι βιολογικές, οι φυσικές και τεχνικές επιστήμες. Μεταξύ των βιολογικών επιστημών, η ιδιαίτερη ανάπτυξη του κλάδου της Γενετικής το 19^ο και 20^ο αιώνα έδωσε τις θεωρητικές βάσεις κατανόησης του φαινομένου της κληρονομικότητας και της εξέλιξης των εμβίων όντων. Στην επιστημονική γνώση των ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς του γενετικού υλικού στηρίζεται σήμερα μία σειρά μεθόδων ή τεχνικών, που έχουν να κάνουν με τους χειρισμούς βιολογικών υλικών (φυτικών, ζωικών, μικροοργανισμών κ.λ.π.) που εντάσσονται στην εξυπηρέτηση καθημερινών μας αναγκών.

Εάν ήθελε κανείς να απαριθμήσει τις τεχνολογικές εφαρμογές και τις αντίστοιχες επιπτώσεις της Γενετικής στη σημερινή ζωή του ανθρώπου, είναι αμφίβολο εάν θα μπορούσε να εξαιρέσει κάτι που να μην έχει σχέση με αυτή. Η αλήθεια αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι αυτό καθαυτό το φαινόμενο της ζωής σε τελική ανάλυση ελέγχεται και ρυθμίζεται από το γενετικό υλικό που αποτελεί την αφετηρία εξέλιξης ή εξαφάνισης διαφόρων μορφών ζωής στις οποίες περιλαμβάνεται και ο άνθρωπος.

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας 1960-1970 οι παρεμβάσεις των γενετιστών στα διάφορα βιολογικά υλικά αφορούσαν κυρίως την εφαρμογή των αρχών της Μενδελικής Γενετικής μέσω των μεθόδων της κλασικής ή συμβατικής Γενετικής Βελτίωσης που είχαν στόχο τη δημιουργία του κατάλληλου πολλαπλασιαστικού ή αναπαραγωγικού υλικού σε φυτά, ζώα ή άλλους οργανισμούς. Οι τεχνικές και οι μέθοδοι που εφήρμοζαν – και εφαρμόζουν μέχρι σήμερα – οι κλασικοί βελτιωτές στηρίζονταν σε διαδικασίες όπως: η τεχνητή επιλογή, επιλεκτικός υβριδισμός, και αναπαραγωγή απογονικών σειρών φυτών ή ζώων που εξυπηρετούσαν καλύτερα τις ανάγκες του ανθρώπου. Οι συγκεκριμένες

διαδικασίες θεωρούνται ήπιες και ανάλογες με εκείνες που ακολουθεί η φύση γι' αυτό και δεν είχαν εγείρει αντιρρήσεις ως προς την αποδοχή τους. Αντίθετα, υπάρχει σαφής επιστημονική τεκμηρίωση ότι συνέβαλαν αποτελεσματικά στην ποσοτική αύξηση και ποιοτική βελτίωση της φυτικής και ζωϊκής παραγωγής.

Μετά Από τα τέλη όμως της προηγούμενης δεκαετίας και ιδιαίτερα μετά το 1980 αρχίζουν να εμφανίζονται στο προσκήνιο, και να περνούν σε επίπεδο εφαρμογών, τεχνικές και μέθοδοι που σχετίζονται με τους χειρισμούς του γενετικού υλικού σε μοριακό επίπεδο (DNA) και την αναγέννηση ολόκληρων οργανισμών με αφετηρία το κύτταρο (τεχνικές In Vitro).

Η αξιοποίηση των πορισμάτων της έρευνας προς αντίστοιχες επί μέρους κατευθύνσεις και ο συνδυασμός των προηγούμενων δυνατοτήτων οδήγησε στη δημιουργία και ανάπτυξη ολοκληρωμένης τεχνολογίας η οποία σήμερα αναφέρεται με το γενικό όρο "Βιοτεχνολογία". Ένας από τους σημαντικότερους τομείς εφαρμογών της Βιοτεχνολογίας είναι εκείνος που σχετίζεται με την αξιοποίηση της τεχνολογίας του ανασυνδυασμένου DNA. Η τεχνολογία αυτή αποτελεί σήμερα ξεχωριστό κλάδο της εφαρμοσμένης Γενετικής που αναφέρεται με τον όρο "Γενετική Μηχανική".

Η Γενετική Μηχανική και η Βιοτεχνολογία προβάλλονται σήμερα από πολλούς ως επιστημονικά εργαλεία που αντιμετωπίζουν ή μπορούν να αντιμετωπίσουν προβλήματα όπως:

1. Επισιτισμού (με τη δημιουργία φυτικού ή ζωϊκού πολλαπλασιαστικού υλικού ή προϊόντων φυτικής ή ζωϊκής παραγωγής με ξεχωριστές ιδιότητες μέσω της γενετικής τροποποίησης των οργανισμών).
2. Περιβάλλοντος (π.χ. μείωσης των φυτοφαρμάκων μέσω δημιουργίας ανθεκτικών ποικιλιών σε ασθένειες, διάλυσης ρύπων με γενετικά τροποποιημένα βακτήρια κ.α.).
3. Υγείας (π.χ. διόρθωση ελαττωματικών γονιδίων του ανθρώπου, παραγωγή χρήσιμων φαρμάκων από γενετικά τροποποιημένους μικροοργανισμούς όπως ινσουλίνη από βακτήρια κ.λ.π.).

Εκτός όμως από τους υποστηρικτές των δυνατοτήτων που παρέχουν αυτές οι νέες τεχνολογίες υπάρχουν και οι επικριτές, οι οποίοι θεωρούν ότι οι εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας και ιδιαίτερα της Γενετικής Μηχανικής μπορούν να έχουν μη αντιστρέψιμες ζημιογόνες επιπτώσεις. Η επιχειρηματολογία των επικριτών έχει να κάνει άλλοτε με φόβους και άλλοτε με λογικά ερωτήματα επιστημονικής, κοινωνικής ή άλλης υφής στα οποία δυστυχώς δεν υπάρχουν εύκολες και μονοσήμαντες απαντήσεις. Μερικά από αυτά τα ερωτήματα είναι και τα εξής:

1. Είναι σήμερα το πρόβλημα του επισιτισμού του κόσμου μας ποσοτικό ή απλά πρόβλημα διανομής και ισοκατανομής των ήδη παραγόμενων τροφίμων;

2. Είναι γνωστές όλες οι προεκτάσεις των επιπτώσεων της εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στις ισορροπίες των οικοσυστημάτων;
3. Είναι γνωστές οι επιπτώσεις μιας γενετικής τροποποίησης ενός οργανισμού στο σύνολο των λειτουργειών του λόγω αλληλεπίδρασης με τον υπόλοιπο γενότυπο;
4. Μήπως μέσω του ελέγχου των νέων τεχνολογιών από συγκεκριμένες ομάδες επιδιώκεται απλά ο έλεγχος του ανθρώπου και όχι η επίλυση των πραγματικών προβλημάτων της ανθρωπότητας; κ.ο.κ.

Κλείνοντας την εισαγωγή αυτή, στα επόμενα κεφάλαια θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στα χαρακτηριστικά αυτών των νέων τεχνολογιών, τις δυνατότητές τους, τις προοπτικές και τα προβλήματα που δημιουργούνται από την εφαρμογή τους.

(425)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ - ΟΡΙΣΜΟΙ

1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή της Γενετικής Μηχανικής και της Βιοτεχνολογίας

Η εφαρμογή της γενετικής στη γεωργία μέχρι το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, είχε συμβάλει στην ουσιαστική αύξηση της παραγωγής πολλών καλλιεργειών. Αυτό είναι περισσότερο αξιοσημείωτο στις υβριδικές ποικιλίες καλαμποκιού και σόργου. Την ίδια στιγμή, η ετερομιξία οδήγησε σε περισσότερο παραγωγικές ποικιλίες σιταριού και ρυζιού. Οι τεχνικές, γνωστές ως τεχνητή επιλογή ή επιλεκτική αναπαραγωγή, αποτελούν μέρος της γενετικής μηχανικής.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους βελτιωτές φυτών έχει η ανάπτυξη των τεχνικών για την εκούσια μεταβολή των λειτουργειών των γονιδίων, με τον χειρισμό του ανασυνδυασμού του DNA. Αυτό βοήθησε τους ερευνητές να επικεντρωθούν στη δημιουργία φυτών που να έχουν ιδιαίτερες ιδιότητες (όπως η ικανότητα να χρησιμοποιούν το ατμοσφαιρικό άζωτο ή να αντέχουν στις ασθένειες) τις οποίες δεν έχουν απ' τη φύση τους. (*Simon Kamm and Miguel Mascarenhas, 2001*)

Η τεχνολογία του ανασυνδυασμού του DNA χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά εμπορικά για τη παραγωγή ανθρώπινης ινσουλίνης από βακτήρια. Η ινσουλίνη παράγεται κανονικά από το πάγκρεας. Το πάγκρεας των σφαγμένων ζώων όπως του χοίρου ή του προβάτου χρησιμοποιούνταν ως πηγή ινσουλίνης.

Για τη εξασφάλιση αξιόπιστης πηγής ανθρώπινης ινσουλίνης, οι ερευνητές λαμβάνουν από το DNA των ανθρώπινων κυττάρων το γονίδιο που είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία ανθρώπινης ινσουλίνης. Οι ερευνητές έφτιαξαν ένα αντίγραφο του DNA μεταφέροντας το γονίδιο της ινσουλίνης και το τοποθέτησαν σε ένα βακτήριο.

Το 1982, η γενετικά τροποποιημένη ινσουλίνη εγκρίθηκε για χρήση από τους διαβητικούς. (*Kenneth Jon Smith, 2001*)

Σημαντικότερες ιστορικές στιγμές για την βιοτεχνολογία

Η λέξη “Βιοτεχνολογία” προσδιορίζεται το 1917, όπου συνηθιζόταν να αναφέρεται σε μια παραγωγή μεγάλης κλίμακας υλικών από μικρόβια που αναπτύσσονταν σε δεξαμενές. Όμως οι ρίζες της τεχνολογίας είναι τόσο οικείες και αρχαίες όπως το ψήσιμο και το ζύμωμα του ψωμιού και βρίσκονται 6000 χρόνια πριν.

4000 π.Χ. Κλασσική βιοτεχνολογία: Τα γαλακτοκομεία αναπτύσσονται στη Μέση Ανατολή. Οι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούν ζυμομύκητες για να ψήνουν ψωμί με προζύμι και να φτιάχνουν κρασί.

3000 π.Χ. Οι Περουβιανοί συλλέγουν και καλλιεργούν πατάτες.

2000 π.Χ. Οι Αιγύπτιοι, οι Σουμέριοι και οι Κινέζοι εφευρίσκουν τεχνικές ζύμωσης, ζυθοποίησης και κατασκευής τυριού.

500 π.Χ. Οι Μεσογιακοί λαοί εφευρίσκουν το μαρινάρισμα και οι Ευρωπαίοι εφευρίσκουν την αλάτωση για τη διατήρηση τροφίμων.

1500 μ.Χ. Παρασκευή τουρσιού και γιαουρτιού, που είναι δύο παραδείγματα χρησιμοποίησης ευεργετικών βακτηρίων στη γεύση και στη διατήρηση τροφίμων. Οι Αζντέκοι φτιάχνουν κέικ από φήκη *Spirulina*.

1859 Η θεωρία για την εξέλιξη «Στην αρχή των ειδών» του Άγγλου φυσιοδίφη Charles Darwin δημοσιεύεται στο Λονδίνο.

1861 Ο Γάλλος χημικός Louis Pasteur εφευρίσκει την παστερίωση, κατά τη οποία τα τρόφιμα διατηρούνται θερμαίνοντας τα, έτσι ώστε να καταστραφούν τα βλαβερά μικρόβια.

1865 Ο Αυστριακός βοτανολόγος και μοναχός Gregor Mendel περιγράφει τα πειράματα του για την κληρονομικότητα, ανακαλύπτοντας το πεδίο της γενετικής.

1879 Ο William James Beal δημιουργεί το πρώτο πειραματικό υβρίδιο καλαμποκιού.

1910 Ο Αμερικανός βιολόγος Thomas Hunt Morgan ανακαλύπτει ότι τα γονίδια βρίσκονται στα χρωμοσώματα.

1928 Ο F. Griffith ανακαλύπτει τη γενετική μεταφορά. Τα γονίδια μπορούν να μεταφέρονται από ένα στέλεχος ενός βακτηρίου σε άλλο στέλεχος.

1941 Ο Δανός μικροβιολόγος A. Jost επινοεί τον όρο «γενετική μηχανική», σε μία διάλεξη για τη γενετική αναπαραγωγή των ζυμομυκήτων.

1943 Οι Oswald Avery, Colin MacLead και Maclyn McCarty χρησιμοποιούν βακτήρια για να δείξουν ότι το DNA φέρει τη γενετική πληροφορία του κυττάρου.

1953 Ο James Watson και ο Francis Crick περιγράφουν τον διπλό έλικα του DNA, χρησιμοποιώντας πρότυπα περίθλασης ακτίνων X της Rosalind Franklin και της Maurice Wilkins.

Αρχές 1970 Ο Paul Berg, ο Stanley Cohen και ο Herbert Boyer εφευρίσκουν τρόπους για το τεμαχισμό και τη συρραφή του DNA, κάνοντας γνωστές τις τεχνικές ανασυνδυασμού DNA.

1975 Οι επιστήμονες οργανώνουν την συνδιάσκεψη της Asilomar για να συζητήσουν τον κανονισμό των πειραμάτων του ανασυνδυασμένου DNA. Ο George Kohler και ο Cesar Milstein δείχνουν ότι τα συντηγημένα κύτταρα μπορούν να παράγουν μονοκλωνικά αντισώματα.

1982 Το πρώτο γενετικά τροποποιημένο προϊόν (είναι η ανθρώπινη ινσουλίνη που την παράγουν η Eli Lilly & Company χρησιμοποιώντας το βακτήριο *E. coli*) φτιάχνεται για χρήση από τους διαβητικούς.

1984 Ο Kary Mullis ανακαλύπτει την αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR) για τη μαζική παραγωγή συγκεκριμένων τμημάτων DNA.

1986 Πρώτη ελευθέρωση ενός γενετικά τροποποιημένου φυτού (καπνός) στο περιβάλλον.

1987 Πρώτη ελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων μικροβίων στον πειραματικό αγρό.

1990 Η Pfizer Inc., ανακαλύπτει την Chymax χυμοσίνη και το ένζυμο που χρησιμοποιείται στο φτιάξιμο του τυριού (το πρώτο προϊόν της τεχνολογίας του ανασυνδυασμένου DNA που χρησιμοποιείται σε τροφή που προμηθεύεται στις Ηνωμένες Πολιτείες).

1993 Ύστερα από δέκα χρόνια επιστημονικής κριτικής και πολιτικής συζήτησης, η U.S. Food and Drug Administration (FDA) επιδοκιμάζει την έκθεση της Monstanto Co του rBGH/rBST να αυξήσει την παραγωγή γάλακτος.

1994 Η Calgene, Inc., εμπορεύεται τη τομάτα FLAVRSVR που είναι το πρώτο γενετικά τροποποιημένο τρόφιμο στη προμήθεια τροφής στις Ηνωμένες Πολιτείες.

(Kenneth Jon Smith, 2001)

1.2 Ορισμοί

1.2.1 Γενετική Μηχανική

Η Γενετική Μηχανική, πολύ γενικευμένα, είναι η τεχνική που χρησιμοποιείται για τη μεταβολή ή τη μεταφορά γενετικού υλικού (γονιδίων) των ζώντων κυττάρων. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, κάτω από οδηγίες που απορρέουν από την Υπηρεσία Επιθεώρησης της Υγείας Ζώων και Φυτών της USDA, η Γενετική Μηχανική ορίζεται ως η γενετική τροποποίηση των οργανισμών μέσω των τεχνικών του ανασυνδυασμού του DNA. Ενώ στην Ευρώπη οι ορισμοί που χρησιμοποιούνται είναι κάπως ευρύτεροι.

Ένας άλλος ορισμός της Γενετικής Μηχανικής είναι ο εξής: Η Γενετική Μηχανική είναι η επιστήμη που αναφέρεται σε τεχνικές που είναι απαραίτητες για την άμεση μεταφορά γονιδίων από οργανισμούς δότες σε δέκτες οργανισμούς. Οι επιστήμονες της Γενετικής Μηχανικής μπορούν να μεταφέρουν γονίδια από οποιαδήποτε βιολογική πηγή ζώων, φυτών ή βακτηρίων σε οποιοδήποτε σχεδόν φυτικό είδος. Επομένως μπορούν να τροποποιούν τα γνωρίσματά τους κατά βούληση (*Simon Kamm and Miguel Mascarenhas, 2001*)

1.2.2 Βιοτεχνολογία

Ετημολογικά ο όρος είναι σύνθετος (Βιο-τεχνολογία) και παραφραζόμενος υπό ευρεία έννοια περιλαμβάνει κάθε διαδικασία επεξεργασίας και χειρισμού βιολογικού υλικού για συγκεκριμένο σκοπό.

Με την ευρύτατη αυτή έννοια του όρου ένας ορισμός θα μπορούσε να είναι ο εξής:

«Βιοτεχνολογία είναι ένα σύνολο μεθόδων ή τεχνικών με την βοήθεια των οποίων επιδιώκεται η χρησιμοποίηση των ζωντανών οργανισμών (ή μέρος αυτών) για την παραγωγή ή τροποποίηση προϊόντων, τη βελτίωση φυτών ή ζώων ή την ανάπτυξη μικροοργανισμών για συγκεκριμένες χρήσεις».

Από άποψη χρονικής ανάπτυξης ή εξέλιξης διακρίνουμε

- a) **Τη συμβατική ή πρώιμη βιοτεχνολογία:** Αυτή περιλαμβάνει τις παραδοσιακές μορφές εκτροφής και αναπαραγωγής των ζώων, τις τεχνικές αναπαραγωγής και βελτίωσης των φυτών και τη χρησιμοποίηση ζυμομυκήτων στην αρτοποιία, ζυθοποιία, οινολογία και τυροκομία.
- b) **Τη σύγχρονη βιοτεχνολογία:** Αυτή περιλαμβάνει τη βιομηχανική αξιοποίηση των τεχνικών του ανασυνδυασμένου DNA, την

κυτταρική σύντηξη και τις νέες τεχνικές βιοεπεξεργασίας και βιοθεραπείας.

(Πηγή: Συμβούλιο Διεθνούς Επιστήμης και Τεχνολογίας, Ιούλιος 1995).

Σύμφωνα με το σχέδιο του Πρωτοκόλλου για την Βιοασφάλεια, η σύγχρονη βιοτεχνολογία περιλαμβάνει την εφαρμογή:

- i. Των in vitro τεχνικών νουκλεϊκών οξέων.
- ii. Της κυτταρικής σύντηξης πέρα από την ταξινομική οικογένεια που υπερνικά τα φυσικά, φυσιολογικά αναπαραγωγικά εμπόδια ή τα εμπόδια του ανασυνδυασμού και που δεν είναι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στη παραδοσιακή βελτίωση με επιλογή ή άλλες συμβατικές μεθόδους.

Η βιοτεχνολογία βρίσκει εφαρμογή στον τομέα της υγείας (αντιβιοτικά, ινσουλίνη, ηντερφερόνη...), στο αγροδιατροφικό σύστημα (μικροοργανισμοί, φυτά και ζώα), και στις βιομηχανικές διαδικασίες όπως η ανακύκλωση αποβλήτων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή).

1.2.3 Γενετικά τροποποιημένος οργανισμός

Ο γενετικά τροποποιημένος οργανισμός είναι ο οργανισμός που παράγεται με τις τεχνικές της γενετικής μηχανικής που επιτρέπουν τη μεταφορά των λειτουργικών γονιδίων από τον έναν οργανισμό στον άλλον, συμπεριλαμβανομένης και της μεταφοράς από το ένα είδος στο άλλο. Βακτήρια, μύκητες, ιοί, φυτά, έντομα, ψάρια και θηλαστικά είναι μερικά παραδείγματα οργανισμών, το γενετικό υλικό των οποίων έχει τροποποιηθεί τεχνητά προκειμένου να αλλαχτεί κάποια φυσική ιδιότητα ή ικανότητα. Οι ζωντανοί τροποποιημένοι οργανισμοί και οι διαγονιδιακοί οργανισμοί είναι άλλοι όροι που χρησιμοποιούνται συχνά αντί των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή).

1.2.4 Γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα

Τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα είναι τα τρόφιμα και τα συστατικά των τροφίμων που περιέχουν ή αποτελούνται από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς, ή παράγονται από τέτοιους οργανισμούς (Ευρωπαϊκή Επιτροπή).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ



(Greenpeace, 2002)

2.1 Γενικά

Η ανάπτυξη των μεθόδων γενετικής τροποποίησης των φυτών έστρεψε το ενδιαφέρον των ερευνητών στη διερεύνηση των δυνατοτήτων μεταφοράς χρήσιμων χαρακτηριστικών σε καλλιεργούμενα φυτικά είδη. Γρήγορα ήρθαν τα πρώτα θετικά αποτελέσματα. Σήμερα στους στόχους της γενετικής μηχανικής φυτών συμπεριλαμβάνεται η βελτίωση δεκάδων χαρακτηριστικών αγρονομικού ενδιαφέροντος. Οι ερευνητικές προσπάθειες των βιοτεχνολόγων καλύπτουν ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων, από την καλλιέργεια των φυτών, την παραγωγή τροφίμων και άλλων προϊόντων έως τη βιομηχανία μεταποίησης γεωργικών προϊόντων. Επίσης, άλλες προσπάθειες στοχεύουν στη γενετική τροποποίηση φυτών ώστε να παράγουν καινοφανή προϊόντα όπως τροποποιημένο άμυλο, βιομηχανικά έλαια, φαρμακευτικές ουσίες και πλαστικές ύλες. Σε μερικές περιπτώσεις, έχουν αναπτυχθεί και καλλιεργούνται ήδη σε εμπορική κλίμακα διαγονιδιακά φυτά με βελτιωμένες ιδιότητες, όπως σόγια, καλαμπόκι και βαμβάκι με ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα και έντομα ή τομάτα βραδείας ωρίμανσης. Σε άλλες περιπτώσεις, τα αποτελέσματα της έρευνας είναι ενθαρρυντικά και σύντομα αναμένεται να κατακλύσουν την αγορά πολλά νέα προϊόντα (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

Γενικά, οι γενετικές επεμβάσεις που γίνονται στα φυτά έχουν ως σκοπό να δημιουργηθούν διαγονιδιακά φυτά με τις παρακάτω ιδιότητες:

- ❖ Η αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών, χωρίς αύξηση των χρησιμοποιούμενων στη γεωργία γεωργικών πόρων (δηλαδή επιπλέον αγροί, νερό κλπ) ή και εφοδίων (επιπλέον λιπάσματα, φυτοφάρμακα, ενέργεια, πλαστικά κλπ). Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού είναι ραγδαία. Περίπου δώδεκα εκατομμύρια παιδιά πεθαίνουν κάθε χρόνο γιατί δεν μπορεί να τους εξασφαλιστεί η στοιχειώδης διατροφή. Για να αυξηθούν οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις, αποξηραίνονται υγροβιότοποι και αποψιλώνονται δάση. Υπάρχει μεγάλη ανάγκη (και η ανάγκη αυτή θα επαυξάνεται καθημερινά), να ανεβούν οι αποδόσεις χωρίς να γίνεται σπατάλη με επιπλέον πόρους σε έδαφος και νερό. Η δυνατότητα αύξησης των αποδόσεων και της παραγωγής περισσότερων τροφίμων που προσφέρει η βιοτεχνολογία, δεν πρέπει να σταματήσει την παράλληλη προσπάθεια δικαιότερης κατανομής των παραγόμενων τροφίμων, και κυρίως, τον περιορισμό της κατασπατάλησης τροφίμων στο αναπτυσσόμενο δυτικό κόσμο και τη μεταφορά τους προς το αναπτυσσόμενο όπου υπάρχει και η μεγαλύτερη ανάγκη. Η μία προσπάθεια δεν

- πρέπει να θεωρείται ως αντικαταστάτης της άλλης αλλά ως συμπλήρωμά της (Αθ. Τσαυτάρης, 2001).
- ❖ Αυξημένη ανθεκτικότητα σε ιούς, παθογόνους μικροοργανισμούς και έντομα, ώστε να περιοριστούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι ψεκασμοί και η ευρεία χρησιμοποίηση φυτοφαρμάκων στη γεωργία, με όλες τις δυσάρεστες επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και τον καταναλωτή (Αθ. Τσαυτάρης, 1997).
 - ❖ Αυξημένη ανθεκτικότητα σε διάφορες καταπονήσεις (stress) που προέρχονται από αντιξοότητες του περιβάλλοντος, όπως η ξηρασία, οι χαμηλές θερμοκρασίες, τα αλατούχα εδάφη κλπ (Αθ. Τσαυτάρης, 1997).
 - ❖ Η βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και της καταλληλότητάς τους για μεταποίηση, ώστε να αποφεύγεται η χημική παρέμβαση στη φάση της μεταποίησης και να παράγονται υγιεινότερα προϊόντα. Το άμυλο, για παράδειγμα, των αμυλούχων καρπών έχει δύο συστατικά, την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη. Η βιομηχανία άλλοτε ενδιαφέρεται περισσότερο για το ένα και άλλοτε για το άλλο, γι' αυτό χρησιμοποιεί χημικά μέσα για την αξιοποίηση τους. Με την βοήθεια της βιοτεχνολογίας είναι δυνατόν να αναπτυχθούν καλαμπόκια ή πατάτες που να έχουν σαν συστατικό τους περισσότερο την αμυλόζη ή την αμυλοπηκτίνη, ανάλογα με την χρήση. Έτσι οι πρώτες ύλες θα είναι οι καταλληλότερες και δεν θα χρειαστεί να υποστούν τόση χημική επεξεργασία στο στάδιο της μεταποίησης στο εργοστάσιο. Επίσης είναι γνωστό ότι τα φρούτα κόβονται ορισμένες φορές πράσινα και αργότερα χρωματίζονται τεχνητά, ενώ θα μπορούσαν να φτιαχτούν φρούτα με μεγαλύτερη αντοχή μετά τη συγκομιδή και να αποφευχθούν όλες οι υπόλοιπες παρεμβάσεις που δεν δίνουν και τα καλύτερης ποιότητας φρούτα και λαχανικά (Αθ. Τσαυτάρης, 2001).
 - ❖ Παραγωγή προϊόντων ή μεταποιημένων παραγώγων τους με βελτιωμένες ιδιότητες για τον καταναλωτή (π.χ. βελτιωμένη θρεπτική σύσταση, βελτιωμένη γεύση) (Αθ. Τσαυτάρης, 1997).
 - ❖ Παραγωγή νέων προϊόντων που θα αντικαταστήσουν άλλα, λιγότερο υγιεινά ή εμπορικά, αλλά και ο εμπλουτισμός παραδοσιακών προϊόντων με νέες δυνατότητες (π.χ. παραγωγή λουλουδιών με καινούργια χρώματα, περισσότερα και μεγαλύτερα άνθη, πιο ανθεκτικά μετά την κοπή, κ.ο.κ. για τις ανάγκες της ανθοκομίας) (Αθ. Τσαυτάρης, 1997).
 - ❖ Παραγωγή καινοφανών προϊόντων (π.χ. φαρμακευτικά, τροποποιημένα έλαια, καύσιμα, πλαστικές ύλες) (Αθ. Τσαυτάρης, 1997).

Θεωρητικά, η γενετική μηχανική φυτών έχει απεριόριστες δυνατότητες. Ωστόσο στην πράξη, ο σχεδιασμός γενετικά τροποποιημένων φυτών με τα κατάλληλα επιθυμητά χαρακτηριστικά, αντιμετωπίζει συχνά προβλήματα που έχουν σχέση κυρίως με την έλλειψη λεπτομερούς γνώσης σε πολλές περιοχές του φυτικού μεταβολισμού αλλά και τη δυσκολία χειρισμού χαρακτήρων που ελέγχονται από πολλά γονίδια. Παρακάτω γίνεται μια σύντομη αναφορά σε μερικά από τα επιτεύγματα της γενετικής μηχανικής στα φυτά και των μελλοντικών δυνατοτήτων της (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

2.2 Χειρισμός ποιοτικών χαρακτήρων της παραγωγής

Η γενετική μηχανική μπορεί να βελτιώσει ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτικών προϊόντων που σχετίζονται τόσο με τη θρεπτική τους αξία όπως, για παράδειγμα, το περιεχόμενό τους σε πρωτεΐνες, όσο και με τις λειτουργικές τους ιδιότητες για τη μεταποιητική βιομηχανία ή τον καταναλωτή. Με την γενετική τροποποίηση ενός φυτού είναι δυνατόν να βελτιωθούν ποιοτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων (π.χ. η γεύση και η υφή των φρούτων και λαχανικών) που παράγει. Επίσης, μπορεί να επιτευχθεί η τροποποίηση των ιδιοτήτων των φυτικών προϊόντων για την αντιμετώπιση προβλημάτων μεταποίησης όπως η βελτίωση και επέκταση της σύστασης των ελαιούχων φυτών σε λιπαρά οξέα (Κ.Α. Λουλακάκης, 1999).

2.2.1 Βελτίωση της θρεπτικής αξίας φυτικών προϊόντων

Για να αυξηθεί η θρεπτική αξία των τροφίμων, είναι δυνατόν να τροποποιηθεί με κατάλληλους χειρισμούς η σύσταση του εδάδιμου τμήματος των φυτών σε πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη ή βιταμίνες (Κ.Α. Λουλακάκης, 1999).

Τα σπέρματα των ανώτερων φυτών περιέχουν μεγάλες ποσότητες αποθηκευτικών πρωτεϊνών οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της εκβλάστησης σαν πηγές αζώτου και άνθρακα. Όλες αυτές μπορούν να χωριστούν σε αλβουμίνες (διαλυτές στο νερό) και γλοβουλίνες (διαλυτές σε διαλύματα αλάτων) που βρίσκονται κυρίως σε δικότυλα, ενώ τα μονοκότυλα παρέχουν κυρίως προλαμίνες (διαλυτές σε αλκοόλες) και γλουτελίνες (διαλυτές σε όξινα και βασικά διαλύματα). Τα σπέρματα καλύπτουν ένα σημαντικό τμήμα της διατροφής των ανθρώπων και έχουν σημαντική διαιτητική αξία. Σε γενικές γραμμές οι πρωτεΐνες αυτές δεν περιέχουν υψηλές ποσότητες ή περίπου καθόλου από ορισμένα αμινοξέα όπως τρυπτοφάνη, λυσίνη, θρεονίνη, ή μεθειονίνη που μερικά από αυτά είναι απαραίτητα για τον άνθρωπο. Η τροποποίηση του ποσοστού των

αμινοξέων των αποθηκευτικών πρωτεϊνών σε διαγονιδιακά φυτά μπορεί να οδηγήσει στη παραγωγή τροφής με υψηλή θρεπτική αξία.

Η τροποποίηση της σύστασης των αμινοξέων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Κατά την πρώτη προσέγγιση μια αποθηκευτική πρωτεΐνη (το γονίδιο) από ένα φυτό μεταφέρεται σε ένα άλλο φυτό που έχει μεγαλύτερο ενδιαφέρον, μια και το είδος που μας ενδιαφέρει καλλιεργείται ευρύτατα. Η άλλη στρατηγική προσεγγίζεται μοριακά και τροποποιεί τα γονίδια που κωδικοποιούν για πρωτεΐνες του σπέρματος με τη χρήση αναδυνδασμένου DNA ή με την *in vitro* μεταλλαξογένεση. Η δεύτερη προσέγγιση παρουσιάζει πλεονεκτήματα γιατί το ίδιο το φυτό εκφράζει τα δικά του γενετικά τροποποιημένα όμως γονίδια, τα οποία κωδικοποιούν πρωτεΐνες που είναι παρόμοιες με αυτές που παράγονται από τον άγριο τύπο, αλλά περιέχουν μεγαλύτερη σύσταση απαραίτητων αμινοξέων (Χατζόπουλος Πολυδέυκης, 2001).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η δημιουργία γενετικά τροποποιημένου ρυζιού (εικόνα 2.1) που θα περιέχει υψηλότερα επίπεδα λυσίνης αφού θα μπορούσε να μειώσει σε σημαντικό βαθμό την παιδική τύφλωση που παρατηρείται στη Κίνα, εξαιτίας της έλλειψης λυσίνης (Κ.Α. Λουλακάκης, 1999).



Εικόνα 2.1. Γενετικά τροποποιημένο ρύζι (Πηγή: Greenpeace, 2002).

Το ρύζι όμως εκτός από χαμηλή περιεκτικότητα σε λυσίνη, περιέχει και μικρή ποσότητα βιταμίνης Α της οποίας η έλλειψη οδηγεί επίσης σε πρόωρη τύφλωση. Ο Ingo Potrykus και ο Peter Beyer, δύο επιστήμονες της γενετικής μηχανικής, έχουν μεταφέρει τα γονίδια που είναι υπεύθυνα για τη βιταμίνη Α από άλλα είδη στο ρύζι, δημιουργώντας έτσι μια ποικιλία ρυζιού που είναι πλούσια σε βιταμίνη Α. Η ποσότητα ρυζιού που υπάρχει στη τυπική διαίτα του τρίτου κόσμου θα μπορούσε να προμηθεύσει το 15% περίπου της συνιστώμενης καθημερινής χορήγησης βιταμίνης Α, αρκετή για να εμποδίσει τη τύφλωση. Τα λιγοστά φυτά που έχουν δημιουργηθεί με αυτό το χαρακτηριστικό, διασταυρώνονται με άλλες ποικιλίες ρυζιού χρησιμοποιώντας τις συμβατικές τεχνικές αναπαραγωγής, όπως γινόταν για αιώνες. Τέτοια ετερομηξία θα

μπορούσε να αυξήσει μελλοντικά τη περιεκτικότητα σε βιταμίνη Α. (Charles M. Rader, 2001)

Η έλλειψη σιδήρου είναι ένα σοβαρό διατροφικό πρόβλημα που πλήττει περί το 30% του παγκόσμιου πληθυσμού, κυρίως όταν η κύρια πηγή τροφής προέρχεται από λαχανικά. Μερικά φυτά όπως το σπανάκι και τα όσπρια είναι πλούσια σε σίδηρο αλλά περιέχουν οξαλικό οξύ και άλλα συστατικά (π.χ. φυτάτη) που ελαττώνουν τη βιοδιαθεσιμότητα. Το ποσοστό σιδήρου στα φυτά έχει βελτιωθεί με τη χρήση αυξημένης συγκέντρωσης σιδήρου στις υδροπονικές καλλιέργειες και στο έδαφος. Αλλά η μέθοδος αυτή είναι δαπανηρή και δεν έχει τα αναμενόμενα αποτελέσματα λόγω της συσσώρευσης του σιδήρου σε μη επιθυμητά μέρη του φυτού. Η αυξημένη συγκέντρωση σιδήρου ελαττώνει την παραγωγή του προϊόντος, και την εμπορεύσιμη αξία του. Η φερριτίνη είναι μια σιδηροαποθηκευτική πρωτεΐνη που βρίσκεται στα φυτά, στα ζώα και στα βακτήρια. Αποτελείται από 24 ομόλογες ή ετερόλογες υπομονάδες και δημιουργεί ένα σύμπλοκο 450kDa που αποθηκεύει μέχρι και 4.500 άτομα σιδήρου στην κεντρική της κοιλότητα. Η φερριτίνη στο ζωντανό κύτταρο ρυθμίζει τη συγκέντρωση και επιτελεί δύο πολύ σπουδαίους ρόλους: α) παρέχει σίδηρο για σιδηροπρωτεΐνες όπως φερεδοξίνη και κυτοχρώματα και β) αποτρέπει τη καταστροφή του κυττάρου από τις ελεύθερες ρίζες. Για τη βελτίωση του ποσοστού του σιδήρου του ρυζιού, ολόκληρη η κωδική αλληλουχία του γονιδίου της φερριτίνης από τη σόγια μεταφέρθηκε στο ρύζι. Η κωδική αλληλουχία συντήχθηκε με τον προαγωγέα του γονιδίου της σποροαποθηκευτικής πρωτεΐνης γλουτελίνης (GluB-1) ώστε να οδηγηθεί η έκφραση του γονιδίου φερριτίνης εξειδικευμένα στους αναπτυσσόμενους σπόρους των διαγονιδιακών φυτών. Το ποσοστό του σιδήρου των διαγονιδιακών ρυζιών αυξήθηκε κατά 3 φορές σε σχέση με τους μάρτυρες (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Μια ακόμη δυνατότητα που έχει η γενετική μηχανική είναι η αύξηση των επιπέδων των φυσικών αντιοξειδωτικών (βιταμίνες Ε, C, β-καροτίνη κ.ά.) σε φρούτα και λαχανικά που θα συμβάλλει στην ελάττωση του κινδύνου από τις χρόνιες παθήσεις όπως ο καρκίνος και οι καρδιακές παθήσεις. Τέλος η διαγονιδιακή τεχνολογία μπορεί να απαλλάξει τα τρόφιμα από κάποιες πρωτεΐνες που προκαλούν αλλεργίες (Κ.Α. Λουλακάκης, 1999).

2.2.2 Βελτίωση λειτουργικών φυτικών ιδιοτήτων

α) Έλεγχος της ωρίμανσης φρούτων και του γηρασμού λαχανικών και ανθέων

Ο γηρασμός αποτελεί ένα φυσικό αναπτυξιακό στάδιο των φυτών που λαμβάνει χώρα στο τέλος της ζωής ενός οργάνου. Ο γηρασμός των φρούτων ονομάζεται ωρίμανση (Maarten J. Chrispeels, David E. Sadava, 1994). Κατά την διάρκεια της ωρίμανσης των φρούτων παρατηρείται αύξηση του ρυθμού της αναπνοής και αυτό συνοδεύεται με μια αύξηση της παραγωγής του αιθυλενίου. Η αύξηση της παραγωγής του αιθυλενίου στη τομάτα δημιουργεί δραστικά βιοχημικά γεγονότα τα οποία προξενούνται από δραματικές αλλαγές στην έκφραση των γονιδίων. Τα βιοχημικά αυτά γεγονότα είναι: η αλλοίωση της χλωροφύλλης και του αμύλου, η συσσώρευση λυκοπενίου, σακχάρων και οργανικών οξέων και η παραγωγή ενζύμων τα οποία αποικοδομούν το κυτταρικό τοίχωμα (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001). Ο έλεγχος της ωρίμανσης των φρούτων και του γηρασμού των λαχανικών και των ανθέων αποτελεί πρόκληση για τη βιοτεχνολογία λόγω των μεγάλων απωλειών (υπερωρίμανση, σάπισμα) που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της μεταχείρισης και αποθήκευσης των προϊόντων αυτών (Maarten J. Chrispeels, David E. Sadava, 1994).

Η πολύ στενή σχέση μεταξύ του μαλακώματος του φρούτου και της συσσώρευσης υδρολυτικών ενζύμων του κυτταρικού τοιχώματος, όπως η πολυγαλακτουρονάση (PG) έχει μελετηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια. Τα μεταλλάγματα ωρίμανσης στη τομάτα όπως αναστολέας της ωρίμανσης (RIN), μη ωρίμανσης (NOR) και καθόλου ωρίμανση (NR), έχουν χαρακτηριστεί και έχουν αναφερθεί ότι ελαττώνουν εντυπωσιακά τα επίπεδα της ενζυμικής δραστικότητας της πολυγαλακτουρονάσης και επιμηκύνουν τη διάρκεια ζωής του φρούτου. Η πολυγαλακτουρονάση συντίθεται *de novo* κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Υπάρχουν τρία ισοένζυμα της πολυγαλακτουρονάσης. Το πρώτο εμφανίζεται στην αρχή, και ακολούθως κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του φρούτου εμφανίζονται τα άλλα δύο. Το mRNA της πολυγαλακτουρονάσης δεν μπορεί να βρεθεί σε ανώριμες πράσινες τομάτες, όμως αυξάνει κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και φθάνει στο μέγιστο επίπεδο όταν τα φρούτα είναι τελείως κόκκινα. Η αύξηση αυτή συμπίπτει με τη μέγιστη παραγωγή του αιθυλενίου. Ένα κύριο πρόβλημα στην αγορά των φρούτων είναι η πρόωρη ωρίμανση και το μαλάκωμα κατά τη διάρκεια της μεταφοράς. Οι αλλαγές αυτές είναι μέρος της φυσικής γήρανσης του φρούτου που πυροδοτούνται από το αιθυλένιο. Η αύξηση του αιθυλενίου έχει ως αποτέλεσμα την τροποποιημένη γονιδιακή έκφραση με άμεση συνέπεια την αλλαγή της φυσιολογίας του φρούτου.

Όπως αναφέρθηκε η πολυγαλακτουρονάση αλλά και άλλα ένζυμα, όπως η κυτταρινάση, επάγονται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Η παρεμπόδιση της ενζυμικής δραστηριότητας ενός ή περισσότερων από αυτά τα γονίδια έχει ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση της διαδικασίας ωρίμανσης των φρούτων. Το ίδιο φαινόμενο μπορεί να γίνει με μεταλλάξεις στους γονιδιακούς τόπους που κωδικοποιούν τα ένζυμα αυτά ή με αναστολή της μετάφρασης των mRNA. Η αναστολή της μετάφρασης των mRNA μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη δημιουργία διαγονιδιακών φυτών με RNA αντινοήματος από τα γονίδια που αναφέρθηκαν. Όταν ένα γονίδιο πολυγαλακτουρονάσης με φορά αντινοήματος εισήχθηκε στη τομάτα, τότε και το mRNA της πολυγαλακτουρονάσης και η ενζυμική δραστηριότητα ελαττώθηκαν τρομακτικά.

Μια άλλη στρατηγική της ελάττωσης του mRNA της πολυγαλακτουρονάσης ή της ελαττωμένης έκφρασης ή της σύνθεσης του ενζύμου είναι η χρήση της μεθοδολογίας της συν-καταστολής. Και σε αυτή την περίπτωση η χρήση του ίδιου του γονιδίου σε κανονική φορά έδωσε πολύ ελαττωμένες συγκεντρώσεις του ενζύμου και φυσικά πολύ ελαττωμένες δραστηριότητες του ενζύμου. Η φυσιολογία καθώς επίσης και όλες οι άλλες βιοχημικές δραστηριότητες των άλλων ενζύμων μέσα στο διαγονιδιακό καρπό παρέμειναν σταθερές και δεν επηρεάστηκαν από την αντίστροφη ή την κανονική φορά του γονιδίου που κωδικοποιεί την πολυγαλακτουρονάση. Τα φυτά αυτά και οι καρποί δεν επιδείκνυαν κανένα άλλο φαινόμενο που κανονικά συνδέεται με τις μεταλλάξεις της ωρίμανσης. Η ωρίμανση του καρπού δεν καθυστερούσε καθώς επίσης το χρώμα που αναπτυσσόταν ήταν κανονικό. Τα επίπεδα του β-καροτενίου (προβιταμίνη A) και του ασκορβικού οξέος (βιταμίνη C) μεταξύ των διαγονιδιακών φυτών, των διαγονιδιακών καρπών και των καρπών που προέρχονται από μη μετασχηματισμένα φυτά ήταν τα ίδια. Η εκτίμηση του αποτελέσματος της στρατηγικής αυτής έγινε δέκα ημέρες μετά την αποθήκευση των διαγονιδιακών καρπών και μη διαγονιδιακών καρπών μαρτύρων. Τα πρώτα ήταν σημαντικά πιο συμπαγή και πιο σφριγηλά από τα δεύτερα.

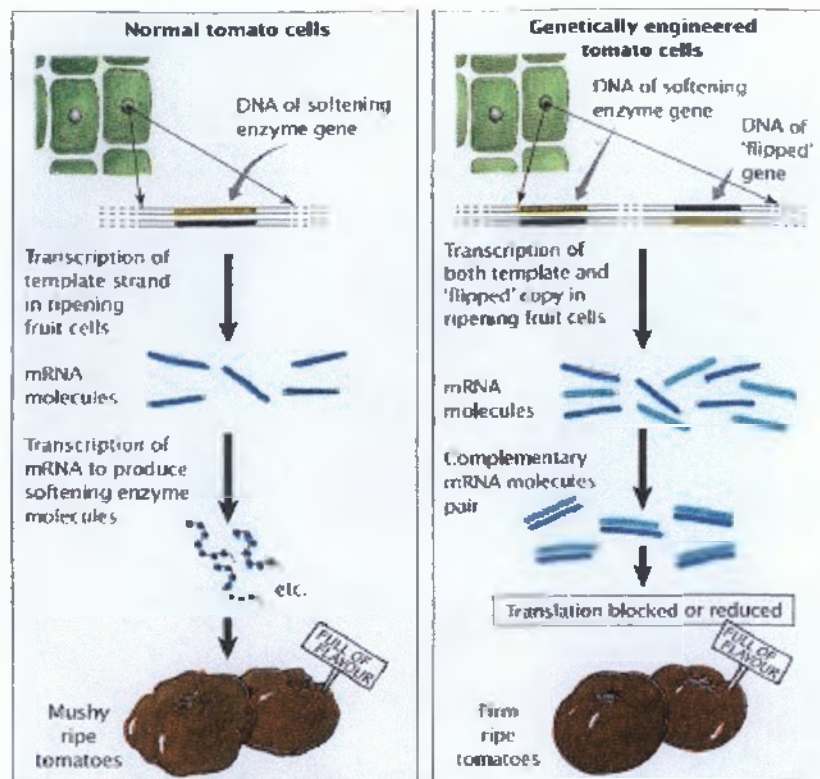
Το αιθυλένιο είναι ένας σημαντικός ρυθμιστής πολλών διαδικασιών ανάπτυξης του φυτού όπως η ωρίμανση του καρπού, η αποκοπή των φύλλων και η γήρανση των ανθέων. Το αιθυλένιο, επίσης, συντίθεται σε απόκριση του μηχανικού τραυματισμού του φυτικού ιστού ή της προσβολής από διάφορα παράσιτα. Η κατεργασία των φυτών με χημικές ουσίες οι οποίες αναστέλλουν την παραγωγή αιθυλενίου καθυστερούν τη γήρανση αλλά και την ωρίμανση των καρπών. Έτσι, η πρόωμη ωρίμανση του καρπού μπορεί να παρεμποδιστεί με την αναστολή της σύνθεσης του αιθυλενίου στο φυτό. Όπως αναφέρθηκε διαγονιδιακά φυτά τα οποία περιέχουν RNA αντινοήματος, είτε από το γονίδιο ACC συνθάση, είτε

από το γονίδιο ACC οξειδάση περιέχουν δραστηκότητες των ενζύμων αυτών σημαντικά ελαττωμένες απ' ότi τα κανονικά φυτά. Τα μη μετασηματισμένα φυτά συνθέτουν κανονικά επίπεδα αιθυλενίου. Οι διαγονιδιακοί καρποί είχαν μια επιμηκυμένη περίοδο ζωής κατά την αποθήκευση (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Το ενδιαμέσο προϊόν του βιοχημικού μονοπατιού της σύνθεσης του αιθυλενίου, 1-αμινοκυκλοπροπάνιο-1-καρβοξυλικό οξύ (ACC), μπορεί να αποικοδομηθεί με το βακτηριακό ένζυμο δεαμινάση του ACC. Το γονίδιο που κωδικοποιεί το ένζυμο δεαμινάση του ACC απομονώθηκε και κλωνοποιήθηκε κάτω από τον συστατικό προαγωγέα 35S του ιού CaMV και εκφράστηκε σε διαγονιδιακά φυτά τομάτας (εικόνες 2.2,2.3). Τα διαγονιδιακά φυτά λόγω του διακλαδιζόμενου βιοχημικού μονοπατιού συνθέτουν μικρότερες ποσότητες αιθυλενίου απ' ότi τα κανονικά φυτά, και οι καρποί των φυτών αυτών είχαν σημαντικά μεγαλύτερο όριο αποθηκευμένης ζωής. Όλες αυτές οι αλλαγές, τουλάχιστον στο επίπεδο του αιθυλενίου, μπορούν να οδηγήσουν σε λιγότερες απώλειες (Arie Altman, 1998). Οι περισσότερες μελέτες διαγονιδιακών φυτών στις οποίες τα επίπεδα του αιθυλενίου έχουν ελαττωθεί, σε μια προσπάθεια καθυστέρησης της ωρίμανσης των καρπών, έχουν εστιαστεί σε φυτά τομάτας. Τα διαγονιδιακά πεπόνια που έχουν παραχθεί με την ίδια προσέγγιση έχουν επίσης χαμηλότερα επίπεδα αιθυλενίου. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότi η στρατηγική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλα φυτά στα οποία, με μοριακή μηχανική, είναι δυνατόν να ελαττωθεί το επίπεδο του αιθυλενίου με απώτερο σκοπό την καθυστέρηση της ωρίμανσης του καρπού (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).



Εικόνα 2.2. Γενετικά τροποποιημένες τομάτες οι οποίες συνθέτουν μικρότερες ποσότητες αιθυλενίου.



Εικόνα 2.3. Σχηματική αναπαράσταση της διαφοράς των γονιδίων και του mRNA ανάμεσα στις γενετικά τροποποιημένες τομάτες και στις συμβατικές τομάτες.

b) Ποσοτική και ποιοτική τροποποίηση στη σύνθεση υδατανθράκων

Με τροποποίηση της σύνθεσης ενός ενζύμου μπορεί να επιτευχθεί αυξημένη σύνθεση αμύλου σε αμυλούχους ιστούς. Η βιοσύνθεση του αμύλου περιλαμβάνει τη μεταφορά γλυκόζης από ένα μόριο-δότη, την ADP – γλυκόζη, σε ένα μόριο γλυκόζης-δέκτη. Σε αμυλούχους ιστούς, όπως οι κόνδυλοι πατάτας, το ένζυμο που καταλύει τη μεταφορά υπάρχει σε περίσσεια, όμως η ποσότητα του ενζύμου που καταλύει τη σύνθεση της ADP – γλυκόζης (πυροφωσφορύλαση της ADP – γλυκόζης), αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Οι ερευνητές απομόνωσαν το υπεύθυνο γονίδιο από ένα βακτήριο και το μετέφεραν σε φυτά. Το αποτέλεσμα ήταν η αυξημένη σύνθεση ADP – γλυκόζης και η παραγωγή περισσότερου αμύλου.

Οι γενετικά τροποποιημένες πατάτες έχουν 25% συγκέντρωση σε άμυλο αντί 21-22% που είναι η συνηθισμένη περιεκτικότητα. Αυτή η νέα συγκέντρωση είναι άριστη για τη μεταποιητική βιομηχανία (πατατάκια, προτηγανισμένες πατάτες). Το πλεονέκτημα των γενετικά τροποποιημένων πατατών είναι ότι απορροφούν λιγότερο λάδι κατά τη τηγάνισμα με αποτέλεσμα να είναι υγιεινότερες αφού περιέχουν λιγότερο μαγειρικό λίπος (εικόνα 2.4) (Maarten J. Chrispeels, David E. Sadava, 1994).



Εικόνα 2.4. Γενετικά τροποποιημένες πατάτες με μεγαλύτερη συγκέντρωση αμύλου.

Με τη βοήθεια της γενετικής μηχανικής είναι δυνατόν να τροποποιηθεί η αναλογία αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης στο άμυλο των φυτικών ιστών. Η σχετική αναλογία αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης καθορίζει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του αμύλου και επομένως τη χρησιμότητά του για μεταποίηση. Αυτή η τροποποίηση οδήγησε στη δημιουργία αμυλούχων φυτών, όπως το καλαμπόκι και οι πατάτες, που περιέχουν από τα συστατικά του αμύλου, μόνο αμυλόζη ή μόνο αμυλοπηκτίνη. Επομένως η χρήση της κατάλληλης πρώτης ύλης, για τη παραγωγή ειδικών αμυλούχων τροφίμων ή βιομηχανικών προϊόντων, θα μειώσει το κόστος μεταποίησης και τη μόλυνση του περιβάλλοντος που προκαλείται κατά την επεξεργασία (Αθ. Τσαντάρης, 2001).

Με μεταφορά ενός βακτηριακού γονιδίου παράγονται φυτά με υψηλότερο περιεχόμενο σε χαμηλού μοριακού βάρους φρουκτάνες (πολυμερή φρουκτόζης, μέχρι πέντε μονάδες μόνο-σακχαριδίων). Οι ενώσεις αυτές είναι γλυκαντικά με λίγες θερμίδες και παράγονται ενζυμικά από σουκρόζη που προέρχεται από τεύτλα και ζαχαροκάλαμο με τη χρησιμοποίηση του ενζύμου τρανσφεράση του φρουκτοζυλίου από ένα στέλεχος του *Aspergillus niger*. Επειδή, όμως, η παραγωγή βασίζεται σε μεθόδους βιοαντιδραστήρα, η διαδικασία είναι πολύ δαπανηρή καθώς απαιτείται επιπρόσθετος καθαρισμός για την απομάκρυνση του υποπροϊόντος της γλυκόζης. Για το λόγο αυτό οι φρουκτάνες αυτές δεν χρησιμοποιούνται τόσο πολύ σαν γλυκαντικά.

Εάν όμως μια παραγωγική καλλιέργεια όπως πατάτα, ζαχαροκάλαμο ή τεύτλο μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να συνθέτει χαμηλού μοριακού βάρους φυσικά προϊόντα, φρουκτάνες, τότε τα

βιομόρια αυτά θα είναι περισσότερο προσιτά. Από αγρονομική πλευρά τα τεύτλα, λόγω παραγωγής, θεωρούνται ιδιαίτερα κατάλληλα για την παραγωγή φρουκτανών. Από τη βιοχημική, επίσης, πλευρά τα τεύτλα είναι πολύ καλά εφοδιασμένα για το σκοπό αυτό. Τα ζαχαρότευτλα αποθηκεύουν σουκρόζη σε συγκέντρωση 0,5M στα χυμοτόπια των παρεγχυματικών κυττάρων της ρίζας. Έτσι, η διαδικασία αυτή μπορεί πολύ εύκολα να τροποποιηθεί με τη σύνθεση φρουκτανών μέσω ενζύμων που θα εντοπίζονται στα χυμοτόπια. Είναι γνωστό ότι το κύριο υπόστρωμα για τη βιοσύνθεση φρουκτανών είναι η σουκρόζη, και ότι τα ένζυμα που εμπλέκονται στη σύνθεση της φρουκτάνης συνήθως εντοπίζονται στα χυμοτόπια. Το ένζυμο 1-σουκρόζη: σουκρόζη φρουκτόζυλο τρανσφεράση (1-SST) καταλύει τα πρώτα βήματα της αντίδρασης στο φυτό *Helianthus tuberosus* για τη σύνθεση της φρουκτάνης μέσω τροποποίησης της σουκρόζης (GF) σε χαμηλού μοριακού βάρους φρουκτάνες GF2, GF3 και GF4. Το γονίδιο που κωδικοποιεί το ένζυμο 1-SST μεταφέρθηκε στο ζαχαρότευτλο και τα διαγονιδιακά φυτά που προέκυψαν παρήγαγαν φρουκτάνες. Η αποθηκευμένη φρουκτόζη σχεδόν εξ' ολοκλήρου μετατράπηκε σε χαμηλού μοριακού βάρους φρουκτάνες. Σε αντιδιαστολή, η έκφραση του γονιδίου *1-sst* στα φύλλα είχε ως αποτέλεσμα τη σύνθεση χαμηλών ποσοστών φρουκτανών. Παρά το γεγονός της αλλαγής των αποθηκευμένων υδρογονανθράκων, ιδιαίτερα στη ρίζα, η έκφραση του γονιδίου *1-sst* δεν δημιούργησε καμία ορατή αλλαγή στο φαινότυπο και δεν επηρέασε την ταχύτητα αύξησης της ρίζας (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

c) Τροποποίηση στη σύνθεση λιπαρών οξέων

Τα ελαιούχα φυτά αποτελούν ένα από τα πιο πολύτιμα γεωργικά αγαθά που διακινούνται στο εμπόριο. Η μεγάλη πλειονότητα των φυτικών ελαίων χρησιμοποιείται για βρώσιμα αγαθά όπως μαργαρίνη, έλαια μαγειρέματος και επεξεργασμένα προϊόντα. Μόνο ένα ποσοστό 15% κατευθύνεται προς την παραγωγή ελαιοχημικών δηλαδή βιομηχανικών προϊόντων που προέρχονται από τα φυτά.

Οι προκλήσεις για τους ερευνητές τα επόμενα χρόνια θα είναι να παράγουν ελαιούχες καλλιέργειες με μεγάλη απόδοση για να ικανοποιήσουν την αυξημένη ζήτηση και να αυξήσουν επίσης το φάσμα των χρήσιμων προϊόντων που μπορούν να προκύψουν από τις καλλιέργειες αυτές. Σημαντική πρόοδος έχει γίνει στην εφαρμογή της διαγονιδιακής τεχνολογίας για τη βελτίωση και επέκταση της σύστασης σε λιπαρά οξέα, σε δύο από τις πιο σημαντικές ελαιούχες καλλιέργειες την ελαιοκράμβη και τη σόγια. Οι ερευνητές έχουν απομονώσει τα περισσότερα γονίδια που κωδικοποιούν τα ένζυμα της βιοσύνθεσης για

την αποθήκευση των ελαίων. Προσπάθειες γίνονται για τη μεταφορά τέτοιων γονιδίων στη σόγια και στην ελαιοκράμβη, με σκοπό τη δημιουργία διαγονιδιακών ποικιλιών που να παράγουν μια μεγάλη ποικιλία καινοφανών λιπαρών οξέων, βρώσιμων και για βιομηχανική χρήση (Denis Murphy, 1998).

Για την τροποποίηση των καλλιεργειών αυτών ώστε να παραχθούν διαφορετικά λιπαρά οξέα με διαφορετικές ιδιότητες, είναι αναγκαίο να εισαχθούν γονίδια τα οποία δεν υπάρχουν σε αυτές τις συγκεκριμένες καλλιέργειες. Τα γονίδια αυτά θα προέρχονται από άλλα φυτικά είδη και θα κωδικοποιούν για τα τροποποιητικά ένζυμα. Πρέπει να ληφθεί υπόψη όμως και η φυσιολογία του συγκεκριμένου φυτικού είδους (καλλιεργούμενου είδους) ώστε τα διαγονιδιακά φυτά να είναι ζωτικά και να παράγουν ικανοποιητική ποσότητα του ελαίου αυτού με μικρό κόστος. Είναι επίσης πολύ σημαντικό να εκφράζονται τα εισαγόμενα γονίδια μόνο σε εξειδικευμένους ιστούς (π.χ. στο σπόρο) κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου αναπτυξιακού σταδίου. Η γονιδιακή έκφραση θα πρέπει να είναι αρκετά υψηλή ώστε να παραχθεί ικανοποιητική ποσότητα του ενζύμου που βιοσυνθέτει το επιθυμητό λιπαρό οξύ.

Για παράδειγμα, εάν τα γονίδια που κωδικοποιούν τις θειοεστεράσες ενεργοποιηθούν στα φυτικά κύτταρα, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση λιπαρών οξέων με μικρές αλυσίδες στις μεμβράνες των κυττάρων του φύλλου. Τα φύλλα κανονικά δεν αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες λιπαρών οξέων, όμως το αποτέλεσμα των μικρών αλυφατικών αλυσίδων θα είναι καταστροφικό για το φυτό. Αυτό συμβαίνει επειδή τα λιπαρά αυτά οξέα θα δρουν στην πραγματικότητα σαν απορρυπαντικά και θα προξενήσουν την αποσταθεροποίηση και τελικά την καταστροφή της κυτταρικής μεμβράνης. Αυτό στην αρχή θα οδηγήσει σε ελαττωμένους ρυθμούς φωτοσύνθεσης, ελαττωμένους ρυθμούς αύξησης και τελικά το θάνατο ολόκληρου του φύλλου. Έτσι, είναι πολύ ουσιαστική η εξειδικευμένη έκφραση του εισαγόμενου γονιδίου, δηλαδή τα γονίδια θα πρέπει να εκφράζονται στους ιστούς που δεν θα προξενήσουν και τόσο σημαντική ζημιά στα φυτά και στην παραγωγή. Επειδή όμως έχουν απομονωθεί εξειδικευμένοι προαγωγείς που μπορούν να ενεργοποιούν γονίδια τα οποία βρίσκονται κάτω από την επίδρασή τους, είναι δυνατόν οι προαγωγείς αυτοί να οδηγήσουν σε αποδοτική, τοπική και χρονική έκφραση του επιθυμητού γονιδίου.

Σήμερα, είναι δυνατόν με τη μοριακή μηχανική να μεταβληθεί το μήκος των λιπαρών οξέων μέσα στα φυτά καθώς επίσης και να τροποποιηθεί ο βαθμός του αποκορεσμού. Ένας μεγάλος αριθμός διαγονιδιακών ποικιλιών της ελαιοκράμβης, έχουν δημιουργηθεί και έχουν δοκιμαστεί στον αγρό που η κάθε μία παράγει και ένα διαφορετικό τροποποιημένο λιπαρό οξύ. Κάθε μία τέτοια διαγονιδιακή ποικιλία

περιέχει ένα επιπλέον διαφορετικό γονίδιο ώστε να παρέχει και το διαφορετικό λιπαρό οξύ (πίνακας 2.1). Μια άλλη προσέγγιση της τροποποίησης της αποθήκευσης ορισμένων λιπαρών οξέων αξιοποιείται με την χρησιμοποίηση της μεθοδολογίας του αντινοήματος του RNA. Για παράδειγμα ένα αντινοηματικό γονίδιο του φυτού της δεσατσουράσης του στεατικού οξέος της *Brassica* το οποίο αναστέλλει την έκφραση του κανονικού γονιδίου, οδηγεί στη συσσώρευση του στεατικού οξέος, παρά στο προϊόν του αποκορεσμού του στεατικού οξέος σε ολεϊκό οξύ.

Πίνακας 2.1. Διαγονιδιακές ποικιλίες ελαιοκράμβης με τροποποιημένο περιεχόμενο λιπαρών οξέων στα σπέρματα. (πηγή: Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001)

| Λιπαρά οξέα | Κυριότερες εμπορικές χρήσεις |
|---------------------|---|
| στεατικό οξύ (40%) | μαργαρίνες, βούτυρο, κακάο |
| λαουρικό οξύ (40%) | απορρυπαντικά |
| λαουρικό οξύ (60%) | απορρυπαντικά |
| ολεϊκό οξύ (80%) | τροφές, λιπαντικά, μελάνια |
| μυριστικό οξύ (40%) | απορρυπαντικά, σαπούνια |
| ερουκικό οξύ (90%) | πολυμερή, καλλυντικά, μελάνια, φαρμακευτικά |
| ρικινολεϊκό οξύ | λιπαντικά, πλαστικοποιητικά, καλλυντικά, φαρμακευτικά |
| κερί "jojoba" | καλλυντικά, λιπαντικά |
| πετροσελινικό οξύ | πολυμερή, απορρυπαντικά |

Οι καλύτερες διαθέσιμες ποικιλίες ελαιοκράμβης περιέχουν στα σπέρματα μόνο 45 έως 50% ερουκικό οξύ. Η αιτία είναι ότι το ερουκικό οξύ μέσα στη ελαιοκράμβη δεν ενσωματώνεται αποτελεσματικά από τη θέση C₂ του μορίου της τριακελο-γλυκερόλης. Το ρικινολεϊκό οξύ είναι ένα 12-υδροξύ παράγωγο του ολεϊκού οξέος και συνιστά το 90% του ρετσίνολαδου. Χρησιμοποιείται για καλλυντικά και φαρμακευτικά προϊόντα καθώς και πολυμερή και λιπαντικά. Η χρήση του γονιδίου υδροξυλάση του ολεϊκού οξέος (από ρετσίνολαδιά) σε διαγονιδιακά φυτά ελαιοκράμβης μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία διαγονιδιακής ελαιοκράμβης με υψηλή περιεκτικότητα σε ρικινολεϊκό οξύ. Το πετροσελινικό οξύ είναι ισομερές του ολεϊκού οξέος με διπλό δεσμό στη θέση Δ6 αντί στη θέση Δ9 και συνιστά μέχρι το 85% διαφόρων φυτών *Umbelliferae*. Η χρήση του γονιδίου δεσατσουράσης που εισάγει το διπλό δεσμό στη θέση Δ6 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία διαγονιδιακών φυτών που συνθέτουν το λιπαρό αυτό οξύ που χρησιμοποιείται στα πολυμερή και στα απορρυπαντικά (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001). Το 1995, η πρώτη διαγονιδιακή καλλιέργεια με τροποποιημένη σύνθεση του σπόρου που πήρε άδεια για απεριόριστη

εμπορική καλλιέργεια, ήταν μια ποικιλία ελαιοκράμβης που συνθέτει απορρυπαντικό λάδι (*Denis Murphy, 1998*).

Νέες διαγονιδιακές ποικιλίες ελαιοκράμβης περιέχουν πάνω από 30% λαουρικό οξύ και δοκιμάζονται στον αγρό. Αυτές οι διαγονιδιακές ποικιλίες περιέχουν ένα επιπλέον γονίδιο άκυλο-ACP θειοεστεράση. Το λαουρικό οξύ είναι σημαντικό προϊόν για τη βιομηχανία. Υπάρχουν πάρα πολλά παραδείγματα κλωνοποίησης, χαρακτηρισμού και χρησιμοποίησης διαφόρων γονιδίων που εμπλέκονται στη βιοσύνθεση λιπαρών οξέων σε διαγονιδιακά φυτά για τη δημιουργία επιθυμητών και προμελετημένων λιπαρών οξέων, εστέρων ή πολυμερών. Με προκαθορισμένη μετάλλαξη θέσης είναι δυνατόν να δημιουργηθούν καινοφανή ένζυμα με νέες ιδιότητες που να μπορούν να δημιουργούν νέα προϊόντα λιπαρών οξέων με μεγάλη οικονομική αξία (*Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001*).

d) Γενετική τροποποίηση για αζωτοδέσμευση

Ένας από τους πιο ελκυστικούς στόχους για τη γενετική τροποποίηση των φυτών είναι να αποκτήσουν τα φυτά την ικανότητα δέσμευσης αζώτου από τον ατμοσφαιρικό αέρα αντί να βασίζονται στα αζωτούχα λιπάσματα. Μόνο τα ψυχανθή έχουν την ικανότητα δέσμευσης αζώτου εξαιτίας της παρουσίας του βακτηρίου του γένους *Rhizobium* στα φυμάτια των ριζών. Η δέσμευση αζώτου καταλύεται από ένα πολύπλοκο ένζυμο, την νιτρογενάση, η οποία παράγεται από το βακτήριο. Οι συνθήκες όμως για την δραστηριότητα του δημιουργούνται από τα ριζικά φυμάτια, τα οποία είναι κατασκεύασμα του βακτηρίου (φυτική αλληλεπίδραση). Πολλά φυτικά γονίδια είναι υπεύθυνα για τον σχηματισμό των φυματίων και την δράση τους. Ένα από τα γονίδια που έχει αναγνωριστεί κωδικεύει την αιμοσφαιρίνη που μοιάζει με χρωστική ουσία, η οποία συνδυάζεται με το οξυγόνο και είναι απαραίτητη για την μείωση του οξυγόνου του περιβάλλοντος μαζί με τα φυμάτια, χωρίς τα οποία η δέσμευση αζώτου δεν μπορεί να συμβεί.

Υπάρχουν και άλλα βακτήρια που δεσμεύουν άζωτο, τα οποία ανήκουν στο γένος *Azotobacter*, ζουν ελεύθερα στο έδαφος και όχι στα φυμάτια των ριζών. Και αυτά τα βακτήρια έχουν μελετηθεί από τους επιστήμονες της γενετικής μηχανικής είτε για την βελτίωση της ικανότητάς τους να δεσμεύουν άζωτο είτε για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή γονιδίων νιτρογενάσης για ενσωμάτωση στα φυτά (*J.R.S. Fincham, 1991*).

ε) Δημιουργία στείρων φυτών

Το 1990, Βέλγοι και Αμερικανοί επιστήμονες εφάρμοσαν τεχνικές γενετικής τροποποίησης για να αποτρέψουν την ανάπτυξη γύρης σε φυτά καπνού και ελαιοκράμβης. Για να το πετύχουν αυτό, εισήγαγαν στα φυτά ένα γονίδιο που κωδικοποιεί μια ριβονουκλεάση (ένζυμο που αποδομεί το RNA). Το γονίδιο εκφράζεται στον ανθήρα, καταστρέφοντας εκλεκτικά τα κύτταρα που καλύπτουν τον ασκό της γύρης και οδηγώντας έτσι στη στειροποίηση των αρσενικών φυτών. Αργότερα, μια ερευνητική ομάδα από την Αυστραλία περιέγραψε ένα φυσικό σύστημα που λειτουργεί με ανάλογο τρόπο. Αυτή η τεχνική προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά για να διασφαλισθεί ότι οι σπόροι που θα έχουν στη διάθεσή τους οι καλλιεργητές θα προέρχονται από τη διασταύρωση δύο διαφορετικών μητρικών σειρών, οι οποίες θα οδηγήσουν με βεβαιότητα σε υβρίδια μεγάλης απόδοσης, αντί να προέρχονται από αυτογονιμοποίηση ή τυχαία γονιμοποίηση με γύρη. Προς το παρόν, για την παραγωγή υβριδικών σπόρων καλαμποκιού, τομάτας, λάχανου και άλλων καλλιεργούμενων φυτών χρησιμοποιούνται κοπιαστικές και δαπανηρές τεχνικές. Ανάλογες μέθοδοι στειροποίησης θα μπορούσε να εφαρμοστούν για να διασφαλιστεί ότι τα εισαγόμενα γονίδια δεν θα διασπείρονται μέσω της γύρης γενετικά τροποποιημένων φυτών (*British Medical Association, 1998*).

ϐ) Τροποποίηση της εμφάνισης φρούτων και λαχανικών

Η μετασυλλεκτική απώλεια χρώματος των φρούτων και των λαχανικών είναι ένα μεγάλο μειονέκτημα στη βιομηχανία τροφίμων. Γενικά, οι καταναλωτές δεν αποδέχονται τις τροφές που έχουν αποχρωματιστεί και η βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιεί προσθετικά σε διάφορα φυτά ώστε το χρώμα ή η ζωντάνια της τροφής να παραμένει σε ικανοποιητικά και αποδεκτά επίπεδα από τους καταναλωτές. Όμως, πρόσφατα υπάρχουν αμφιβολίες ως προς την επικινδυνότητα μερικών από τα προσθετικά της τροφής (ιδιαίτερα των σουλφιδίων). Τα ένζυμα οξειδάσες της πολυφαινόλης πιστεύεται ότι είναι υπεύθυνα, τουλάχιστον στα αρχικά στάδια, του αποχρωματισμού των φρούτων και των λαχανικών λόγω της οξειδωσης των μονοφαινολών και των ο-διφαινολών σε ο-κουϊνόνες.

Τα ένζυμα αυτά βρίσκονται στη μεμβράνη του χλωροπλάστη και των μιτοχονδρίων και κωδικοποιούνται από γονίδια του χρωμοσωμικού DNA. Γονίδια (cDNA) που κωδικοποιούν την οξειδάση της πολυφαινόλης από την πατάτα έχουν κλωνοποιηθεί σε κανονική και αντίστροφη φορά κάτω από τον έλεγχο του συστατικού προαγωγέα 35S του ιού CaMV. Σαν προαγωγείς έχουν, επίσης, χρησιμοποιηθεί, οι

προαγωγείς που προέρχονται από το γονίδιο της συνθάσης του αμύλου και το γονίδιο πατατίνη τύπου I που εκφράζονται εξειδικευμένα στους κονδύλους της πατάτας. Δύο εμπορικές ποικιλίες πατάτας που θεωρούνται ότι έχουν ικανοποιητικά επίπεδα ανθεκτικότητας στις μαύρες κηλίδες (ενζυμική απόχρωση) μετασχηματίστηκαν με αυτές τις δομήσεις ώστε να αυξηθεί η ανθεκτικότητα στις αποχρώσεις των μαύρων αυτών κηλίδων.

Διαγονιδιακά φυτά τα οποία είχαν ενσωματώσει το cDNA που κωδικοποιεί την οξειδάση της πολυφαινόλης (πολυφαινολική οξειδάση) σε κανονική και αντίστροφη φορά, είχαν χτυπηθεί σκοπίμως και εκτιμήθηκε η έκταση της καταστροφής από τις μαύρες κηλίδες. Τα περισσότερα διαγονιδιακά φυτά πατάτας τα οποία είχαν το cDNA της οξειδάσης της πολυφαινόλης σε αντίστροφη φορά, είτε κάτω από τον έλεγχο του προαγωγέα 35S, είτε κάτω από τον έλεγχο του προαγωγέα της συνθάσης του αμύλου, ήταν σημαντικά πιο ανθεκτικά στη δημιουργία και στην ανάπτυξη των μαύρων κηλίδων απ' ό,τι ήταν τα μη μετασχηματισμένα φυτά. Τα διαγονιδιακά φυτά τα οποία περιείχαν στο γονιδίωμά τους το γονίδιο που κωδικοποιεί την οξειδάση της πολυφαινόλης σε κανονική φορά, συνθέτουν αυξημένες ποσότητες του ενζύμου αυτού και έδειξαν μεγαλύτερες εκτάσεις στις διαμορφώσεις μαύρων κηλίδων απ' ό,τι τα μη διαγονιδιακά φυτά. Αν και τα αποτελέσματα αυτά είναι προκαταρκτικά, η προσέγγιση αυτή μπορεί να είναι εφαρμόσιμη για την ελάττωση της ενζυμικής απόχρωσης σε ένα ευρύ φάσμα εμπορεύσιμων φυτών (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

2.2.3 Άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά

Η γενετική μηχανική έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει πολλά άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτικών προϊόντων, εκτός από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Έτσι, μπορεί να τροποποιηθεί το χρώμα των ανθέων, των φρούτων και των λαχανικών με τον έλεγχο της έκφρασης των γονιδίων που συμμετέχουν στη σύνθεση των ανθοκυανών. Με κατάλληλη γενετική τροποποίηση έχουν δημιουργηθεί νέα χρώματα πετούνιας, τουλίπας αλλά και άλλων ανθέων. Άλλες γενετικές τροποποιήσεις στοχεύουν στη αλλαγή του χρώματος φρούτων όπως μήλων και σταφυλιών. Επιχειρείται ακόμη με τη μεταφορά φυτικών γονιδίων που ελέγχουν τον μεταβολισμό των γιββερελλινών, η ανάπτυξη βελτιωμένης ανθεκτικότητας στην προάνθηση που θα επιτρέψει πρωιμότητες σπορές καθώς και καλλιέργεια φθινοπωρινών τεύτλων σε κατάλληλα κλίματα (Γ.Ν. Σκαράκης Ph.D., 1998).

Πολλά συστατικά των σπόρων του κριθαριού αποτελούν στόχο της γενετικής μηχανικής, επειδή η σύσταση των σπόρων καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα της παραγωγής μύρας και την ποιότητα

του παραγόμενου προϊόντος. Μεταξύ των υπό τροποποίηση συστατικών περιλαμβάνονται οι υδατάνθρακες, που αποτελούν υποστρώματα της ζύμωσης, διάφορα ένζυμα του σπόρου, και άλλες ενώσεις που επηρεάζουν τη γεύση της μύρας. (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999)

Τέλος στόχο της γενετικής μηχανικής αποτελούν και οι πρωτεΐνες του σπόρου του σιταριού, ιδίως η γλουτένη. Η γλουτένη προσδίδει ιξωδο-ελαστικές ιδιότητες στο ζυμάρι. Υπάρχουν όμως πολλές δυνατότητες για την εκμετάλλευση και άλλων συστατικών του σπόρου (π.χ. άμυλο, καρβοξυλάνες των κυτταρικών τοιχωμάτων, και άλλων πρωτεϊνών που δεν είναι γλουτένες) για τη δημιουργία τροφίμων που βασίζονται σε καινούργια υλικά ή έχουν εντελώς καινούργιες λειτουργικές ιδιότητες.

Έχει βρεθεί για παράδειγμα, ότι η τροποποίηση με επιπρόσθετα γονίδια που ελέγχουν μια ομάδα γλουτενών έχει ως αποτέλεσμα αυξημένη δύναμη του ζυμαριού και οι επιστήμονες προσπαθούν χρησιμοποιώντας αυτή την προσέγγιση να βελτιώσουν την αρτοποιητική ικανότητα ποικιλιών που έχουν μεν μεγάλη απόδοση αλλά η αρτοποιητική τους ικανότητα είναι χαμηλή. Άλλοι πιθανοί στόχοι περιλαμβάνουν την παραγωγή τροποποιημένων αμύλων για την αντικατάσταση του αμύλου από το καλαμπόκι (Peter R. Shewry, 1998).

2.3 Δημιουργία φυτών ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα

Είναι γνωστό ότι ένα ζιζανιοκτόνο προκαλεί το θάνατο στα ευαίσθητα φυτά, ενεργώντας σε κάποια συγκεκριμένη θέση (λέγεται «θέση δράσης») στο κυτταρικό και βιοχημικό επίπεδο. Η «θέση δράσης» είναι συνήθως κάποιο ένζυμο που συμμετέχει στην πραγματοποίηση μιας ζωτικής σημασίας για το φυτό λειτουργίας. Η εξουδετέρωση του συγκεκριμένου ενζύμου από το ζιζανιοκτόνο, συνεπάγεται το σταμάτημα της λειτουργίας αυτής και το θάνατο του φυτού.

Ανθεκτικά στο ζιζανιοκτόνο είδη φυτών ή άλλων οργανισμών, συνήθως οφείλουν την ανθεκτικότητά τους σ' έναν από τους παρακάτω δύο λόγους:

- Είτε έχουν τη θέση δράσης του ζιζανιοκτόνου διαφοροποιημένη κατά τρόπο που ενώ αυτή επιτελεί το βιολογικό ρόλο της (λειτουργία) δεν επηρεάζεται από το ζιζανιοκτόνο. Στην περίπτωση αυτή η ανθεκτικότητα οφείλεται σε «ανθεκτική θέση δράσης» (ένζυμο).
- Είτε έχουν ένα μηχανισμό που αδρανοποιεί γρήγορα το ζιζανιοκτόνο πριν φθάσει στη θέση δράσης του. Η καρδιά του μηχανισμού αδρανοποίησης είναι κάποιο άλλο ένζυμο που καταλύει αντιδράσεις διάσπασης κ.λ.π. του ζιζανιοκτόνου. Στην περίπτωση αυτή γίνεται

λόγος για ανθεκτικότητα «λόγω αδρανοποίησης» του ζιζανιοκτόνου (K.N. Γιαννοπολίτης, 1999).

2.3.1 Ανθεκτικότητα στο Glyphosate

Το ζιζανιοκτόνο glyphosate (N-φωσφονομεθυλογλυκίνη) έχει μια απλή μοριακή δομή και είναι ένα ανάλογο της γλυκίνης (Don Grierson, 1991). Είναι μη εκλεκτικό, ευρέος φάσματος μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο με καλή αποτελεσματικότητα και σε πολυετή ζιζάνια (K.N. Γιαννοπολίτης, 1999). Είναι φιλικό προς το περιβάλλον, μια και αποικοδομείται πολύ γρήγορα σε μη τοξική χημική ένωση στο έδαφος. Ισχυρές ενδείξεις πιστοποιούν ότι υπάρχει ένας μόνο βιοχημικός στόχος, παρ' όλο που δεν μπορούν να αποκλειστούν άλλοι στόχοι (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Το glyphosate οφείλει τη ζιζανιοκτόνο αποτελεσματικότητά του στη ικανότητα που έχει να σταματάει τη σύνθεση ορισμένων απαραίτητων για τα φυτικά κύτταρα αρωματικών αμινοξέων, παρεμποδίζοντας τη δράση του ενζύμου EPSP synthase το οποίο είναι το ένζυμο-κλειδί στην σχετική αλληλουχία των αντιδράσεων βιοσύνθεσης αρωματικών αμινοξέων (K.N. Γιαννοπολίτης, 1999). Οι αρχικές μελέτες έδειξαν ότι τα επίπεδα αρωματικών αμινοξέων ελαττώνονταν με τη προσθήκη glyphosate και ότι η αναστολή της ανάπτυξης καταστέλλονταν με τη προσθήκη αρωματικών αμινοξέων (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Ελαφρά διαφοροποιημένο το ένζυμο EPSP synthase και με σχετική ανθεκτικότητα στο glyphosate, εντοπίστηκε σ' ορισμένα βακτήρια (π.χ. *Salmonella*) αλλά και σε ορισμένα φυτά (π.χ. πετούνια). Παράλληλα διαπιστώθηκε η παρουσία ενός αδρανοποιητικού ενζύμου (του glyphosate oxireductase) σε ορισμένους μικροοργανισμούς που αποικοδομούν ταχύτατα το glyphosate στο έδαφος (K.N. Γιαννοπολίτης, 1999).

Η ανάπτυξη ανθεκτικότητας των φυτών στο glyphosate επιτυγχάνεται με δύο κυρίως τρόπους: 1) με τη μεταφορά σε φυτά ενός μεταλλαγμένου γονιδίου από το βακτήριο *Salmonella typhimurium* που ελέγχει τη σύνθεση ενζύμου EPSPS μειωμένης συγγένειας για το glyphosate. 2) με την υπερέκφραση του κανονικού ενζύμου EPSPS. Τα ανθεκτικά φυτά επιβιώνουν σε δόση περίπου τέσσερις φορές μεγαλύτερη από αυτήν που σκοτώνει τα κανονικά φυτά (Κ.Α. Λουλακάκης, 1999).

Τα γενετικά τροποποιημένα αυτά φυτά αναφέρονται στις ΗΠΑ ως *Roundup Ready* (K.N. Γιαννοπολίτης, 1999).

2.3.2 Ανθεκτικότητα στο *Phosphinotricin* (L – φωσφινοθρισίνη)

Το phosphinotricin (PPT) είναι ανάλογο του γλουταμικού, το οποίο αρχικά χαρακτηρίστηκε από ένα τριπεπίδιο με δράση αντιβιοτικού που παράγεται από το *Streptomyces viridochromogenes* (Don Grierson, 1991). Πρόκειται επίσης για ένα ευρέως φάσματος μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο με ήπιες τοξικολογικές και περιβαλλοντικές επιδράσεις (K.N. Γιαννοπολίτης, 1999). Το ένζυμο συνθάση της γλουταμίνης (GS) εμπλέκεται στα πρώτα στάδια της αφομοίωσης της αμμωνίας που παράγεται από την αναγωγή του νιτρικού για τη δέσμευση του αζώτου στις ρίζες καθώς και στην επαναφομοίωση της αμμωνίας που απελευθερώνεται με τη φυτοαναπνοή στα φυτά. Στα ανώτερα φυτά, η PPT προξενεί ραγδαία συσσώρευση αμμωνίας και αναστέλλει τη φυτοσύνθεση με αποτέλεσμα το κυτταρικό θάνατο. Η L – φωσφινοθρισίνη (PPT) αναστέλλει μη αντιστρεπτά το ένζυμο συνθάση της γλουταμίνης στα φυτά και στα βακτήρια. Δύο τύποι του ενζύμου GS έχουν ταυτοποιηθεί στα φυτά με χλωροπλαστική αλλά και κυτταροπλασματική διαμερισματοποίηση. Σε σταδιακά αυξανόμενες συγκεντρώσεις του PPT επιλέχθηκαν κυτταροκαλλιέργειες μηδικής (*Medicago sativa*). Τα επίπεδα ανθεκτικότητας συσχετιζόνταν με τον αριθμό των ενισχυμένων γονιδίων. Αύξηση της έκφρασης του γονιδίου GS, κάτω από την επίδραση του συστατικού προαγωγέα 35S του ιού CaMV, σε διαγονιδιακά φυτά καπνού παρείχε μικρή ανθεκτικότητα στο ζιζανιοκτόνο (Don Grierson, 1991). Τα γενετικά τροποποιημένα φυτά με ανθεκτικότητα στην L – φωσφινοθρισίνη αναφέρονται στις ΗΠΑ ως *Liberty Link* (K.N. Γιαννοπολίτης, 1999).

2.3.3 Ανθεκτικότητα στις *Sulphonylureas* (Θειουρίες)

Οι σουλφονουρίες είναι μια σχετικά νεότερη ομάδα ζιζανιοκτόνων, με εκλεκτική προφυτρωτική και μεταφυτρωτική δράση. Έχουν καλή αποτελεσματικότητα σε ευρύ φάσμα ζιζανίων και ευνοϊκά χαρακτηριστικά όσον αφορά τις τοξικολογικές και περιβαλλοντικές ιδιότητές τους. Μερικά παραδείγματα σουλφονουριών είναι:

- Chlorsulfuron (Glean), triasulfuron (Λογκράν) και tribenuron (Granstar) για τα χειμερινά σιτηρά,
- Rimsulfuron (Rush), primisulfuron (Τελ) και thifensulfuron (Harmony) για τον αραβόσιτο,
- Triflurosulfuron (Safari) για τα ζαχαρότευτλα κ.ά. (K.N. Γιαννοπολίτης, 1999).

Οφείλουν τη ζιζανιοκτόνο δράση τους στην ικανότητά τους να αναστέλλουν μη-αντιστρεπτά το ένζυμο συνθάση του ακετογαλακτικού (ALS) στα βακτήρια, στη ζύμη και στα φυτά. Μια άλλη ομάδα ζιζανιοκτόνων, που αναστέλλουν το ίδιο ένζυμο είναι οι ιμιδαζολιόνες.

Η συνθάση του ακετογαλακτικού εμπλέκεται στη βιοσύνθεση διακλαδιζόμενων αμινοξέων λευκίνης, ισολευκίνης και βαλίνης. Κυρίαρχες μεταλλάξεις του γονιδίου που κωδικοποιεί το ένζυμο ALS έχουν απομονωθεί από το *Salmonella typhimurium*, *Saccharomyces cerevisiae*, *E. coli* και *Chlamydomonas reinhardtii* και παρέχουν ανθεκτικότητα στο ζιζανιοκτόνο μεθυλιομένο sulphometuron (Don Grierson, 1991).

Ανθεκτικά φυτά στο χλωροσουλφορόν ή στο sulphometuron έχουν ανακτηθεί μετά από επιλογή είτε απλωειδών πρωτοπλαστών (καπνού) είτε μετά από μεταλλαξογένεση (*Arabidopsis*). Στο καπνό, τα αναγεννημένα διπλοειδή φυτά ήταν ανθεκτικά και ο φαινότυπος αυτός συν-κληρονομόταν με δύο ασύνδετους γενετικούς τόπους, ενώ στο *Arabidopsis* υπήρχε μια κυρίαρχη μετάλλαξη σ' ένα γονιδιακό τόπο. Επίσης, μετά από μεταλλαξογένεση έχουν επιλεγεί φυτά μηδικής και σόγιας ανθεκτικά στο χλωροσουλφορόν. Παραπλήσια ήταν και τα αποτελέσματα με απλοειδή κύτταρα ανθήρων και πρωτοπλάστες του *Brassica napus*.

Τα άγριου τύπου και μεταλλαγμένα γονίδια που κωδικοποιούν τη συνθάση του ακετογαλακτικού απομονώθηκαν από το καπνό και το *Arabidopsis*. Όλα τα γονίδια είναι πυρηνικά αλλά περιέχουν ένα μετακινούμενο πεπτίδιο στο άμινο άκρο ειδικό για το χλωροπλάστη. Τα μεταλλαγμένα γονίδια περιέχουν αντικαταστάσεις αμινοξέων (από προλίνη σε σερίνη). Ιδιαίτερα στο *Arabidopsis*, παρατηρείται αλλαγή σε μια βάση του γονιδίου ALS ακριβώς στην αντικατάσταση του ίδιου αμινοξέος όπως και στη ζύμη, με φαινότυπο ανθεκτικό στη θειουρία. Διαγονιδιακά φυτά καπνού και τομάτας που περιείχαν το μεταλλαγμένο γονίδιο ALS (από καπνό ή *Arabidopsis*), ανθεκτικό στη θειουρία, επιδείκνυαν επίσης μεγάλη ή μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στο ζιζανιοκτόνο (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Κυτταροκαλλιέργειες καλαμποκιού ανθεκτικές σε χημικές ενώσεις ιμιδαζολινόνης έχουν επιλεγεί και έχουν αναγεννηθεί σε φυτά που είχαν μεταλλαγή στο γονίδιο ALS. Ομόζυγα φυτά για το μεταλλαγμένο γονίδιο ALS που προσδίδει ανθεκτικότητα, ήταν ανθεκτικά σε διάφορα ζιζανιοκτόνα ιμιδαζολινόνες σε συγκεντρώσεις έως και 300 φορές υψηλότερες (Don Grierson, 1991).

2.3.4 Ανθεκτικότητα στο Bromoxynil

Το bromoxynil είναι ένα εκλεκτικό μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση πλατυφύλλων ζιζανίων στα χειμερινά σιτηρά και τον αραβόσιτο. Οι πλατύφυλλες καλλιέργειες είναι ευαίσθητες στο bromoxynil. Οι προσπάθειες δημιουργίας γενετικά τροποποιημένων φυτών με ανθεκτικότητα στο bromoxynil στράφηκαν σε

πλατύφυλλες καλλιέργειες όπως το βαμβάκι και ο καπνός για τις οποίες δεν υπάρχουν εκλεκτικά μεταφωτρωτικά ζιζανιοκτόνα.

Για το ζιζανιοκτόνο αυτό δεν χρειάστηκε να αναζητηθεί ανθεκτικότητα στη θέση δράσης (ένζυμο) του επειδή σύντομα διαπιστώθηκε η ύπαρξη ενός πολύ αποτελεσματικού μηχανισμού αδρανοποίησης σε βακτήρια που διασπών το ζιζανιοκτόνο στο έδαφος. Με γονίδια που συνθέτουν το αδρανοποιητικό ένζυμο στα βακτήρια, τα οποία μεταφέρονται και ενσωματώνονται σχετικά εύκολα στο γενετικό υλικό φυτών, έχει δημιουργηθεί ανθεκτικό βαμβάκι στις ΗΠΑ και ανθεκτικός καπνός στην Ευρώπη (Γαλλία) (Κ.Ν. Γιαννοπολίτης, 1999).

2.3.5 Ζιζανιοκτόνα που εμποδίζουν τη βιοσύνθεση των καρωτινοειδών

Πρόκειται για μια ομάδα ζιζανιοκτόνων που δρουν σε ορισμένα ένζυμα του βιοσυνθετικού κύκλου των καρωτινοειδών, παρεμποδίζοντας την παραγωγή καρωτινίων και ξανθοφύλλης στα αναπτυσσόμενα μέρη των φυτών. Λόγω της έλλειψης καρωτινοειδών, η χλωροφύλλη υφίσταται φωτοοξειδώσεις και καταστρέφεται με αποτέλεσμα τα νεαρά φύλλα να είναι λευκά και να μην αναπτύσουν φωτοσυνθετική ικανότητα.

Τα περισσότερα από τα ζιζανιοκτόνα της ομάδας (norflurazon, fluridone, flurtamone, fluorochloridone, diflufenican κ.ά.) δρουν στο ένζυμο phytoene desaturase, που είναι το πρώτο στον κύκλο βιοσύνθεσης των καρωτινοειδών. Πρόσφατα διαπιστώθηκε ότι το ένζυμο αυτό στους κατώτερους οργανισμούς που δεν φωτοσυνθέτουν (βακτήρια, μύκητες) είναι ανθεκτικό στα ζιζανιοκτόνα, ενώ αντίθετα το ένζυμο από ανώτερα φυτά είναι ευαίσθητο. Έτσι με τη μεταφορά γονιδίων από βακτήρια (*Erwinia*) σε καπνό δημιουργήθηκαν γενετικά τροποποιημένα καπνόφυτα με ανθεκτικό ένζυμο τα οποία έδειξαν μεγάλη ανθεκτικότητα στα παραπάνω ζιζανιοκτόνα (Κ.Ν. Γιαννοπολίτης, 1999).

Πίνακας 2.2 Ανθεκτικότητα φυτών σε ζιζανιοκτόνα

| Ζιζανιοκτόνο | Τρόπος ανάπτυξης ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνο |
|--|--|
| Αμιλοξυφαινοξυ- προπρονικά, κυκλο- εξονοδιονες | Τα ζιζανιοκτόνα αυτά αναστέλλουν το ένζυμο καρβοξυλάση του CoA. Η ανθεκτικότητα με επιλογή σε ιστοκαλλιεργεία οφείλεται είτε στην τροποποίηση του ενζύμου, μη ευαίσθητου στο ζιζανιοκτόνο, είτε στην αποικοδόμηση του ζιζανιοκτόνου. |
| Βρωμοξυνιλίο | Αναστολή του φωτισσυστημίου. Η ανθεκτικότητα έχει δημιουργηθεί στα διαγονιδιακά φυτά (καπνός, βαμβάκι) με την εισαγωγή της βρεκτοξιακής νιτριλάσης, ένζυμο που αποικοδομεί το ζιζανιοκτόνο. |
| Δαίμον | Διαγονιδιακός κοπινός με την εισαγωγή του γονιδίου βεαλιγενεσίσης από το <i>Pseudomonas putida</i> που μπορεί να αποικοδινώσει το ζιζανιοκτόνο. |
| Glyphosate (γλυφοθρίνη) | Το ζιζανιοκτόνο αναστέλλει τη φωτосυνθεση. Πάνω από 20 διαφορετικά φυτά έχουν μεταχρηματιστεί με το γονίδιο <i>bar</i> του <i>Streptomyces hygroscopicus</i> ή το γονίδιο <i>pat</i> του <i>S. viridochromogenes</i> . Και τα δύο αυτά γονίδια κωδικοποιούν για ακετυλο-τρανσφεράση της γλυφοθρίνης, ένζυμο που αποεξινώνει το ζιζανιοκτόνο. |
| Glyphosate | Ο ποτάχος του ζιζανιοκτόνου είναι το ένζυμο EPSPS. Η ανθεκτικότητα οφείλεται σε: 1. Υπερπαραγωγή του ενζύμου EPSPS, 2. Διαγονιδιακή ποσία με ένζυμο EPSPS, ανθεκτικό στο glyphosate, 3. Διαγονιδιακό καπνός με την εισαγωγή του γονιδίου οξυδορεδουκτασης του glyphosate, ένζυμο που αποικοδομεί το ζιζανιοκτόνο κ.α. |
| Μεθοζολινονες | Το ζιζανιοκτόνο αναστέλλει τη δράση του ενζύμου συνθεση του ακετογλακτικού. Με ιστοκαλλιεργεία έχουν επιλεγεί ένζυμα συνθέσεως του ακετογλακτικού, ανθεκτικά στο ζιζανιοκτόνο. |
| Κυαναμιδία | Ανθεκτικός διαγονιδιακός κοπινός που δημιουργήθηκε με την εισαγωγή του γονιδίου υδραερίση του κυαναμιδίου από το μύκητα <i>Myrothecium verrucaria</i> . Το ένζυμο που κωδικοποιείται μετατρέπει το κυαναμιδίο σε ουρία. |
| Γλοφονουλουρίες (κουυρίες) | Το ζιζανιοκτόνο αναστέλλει τη βιοσύνθεση ορισμένων αμινοξέων αναστέλλοντας μη αντιστρέψιμα το ένζυμο σύνθεση του ακετογλακτικού. Γονίδια που κωδικοποιούν ανθεκτικό ένζυμο έχουν εισαχθεί σε διάφορα φυτά όπως ρύζι, λεύκη, λινάρι κ.α. |
| Τραζίνες | Το ζιζανιοκτόνο αναστέλλει τη φωτосυνθεση. Η ανθεκτικότητα οφείλεται στα τροποποιημένο γονίδιο <i>psbA</i> που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη του χλωροπλάστη (CB), που αποτελεί τον στόχο του ζιζανιοκτόνου. |
| Αμιλοξυ καρβοξυ- λικά οξέα (π.χ. 2,4-D, 2,4,5-T) | Η εισαγωγή του γονιδίου <i>tfaA</i> από το <i>Alicycobacter</i> που κωδικοποιεί το ένζυμο μονοξυγενάση και που αποικοδομεί το ζιζανιοκτόνο σε φυτά καπνός και βαμβάκιου έχει οδηγήσει σε ανθεκτικότητα έναντι του ζιζανιοκτόνου. |

(Πηγή: Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001)

2.4 Δημιουργία φυτών ανθεκτικών στα έντομα

Μία από τις πρώτες επιτυχίες της γενετικής μηχανικής αποτελεί η δημιουργία γενετικά τροποποιημένων φυτών με το γονίδιο της εντομοκτόνου τοξίνης που παράγεται από το βακτήριο του εδάφους *Bacillus thuringiensis* (Bt). Το βακτήριο αυτό υπάρχει στη φύση και συνθέτει μία κρυσταλλική πρωτεΐνη (τοξίνη Bt) η οποία προσβάλλει εξειδικευμένα τις λάρβες ορισμένων εντόμων, ενώ δεν είναι τοξική για τα άλλα έντομα, τα ζώα και τον άνθρωπο. Απαντάται κυρίως στο έδαφος, αλλά και στη σκόνη, σε έντομα κ.λ.π. Για πάνω από 30 χρόνια τώρα έχει αποτελέσει τη βάση διαφόρων σκευασμάτων βιολογικών εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση προνυμφών λεπιδοπτέρων (κάμπιες) σε δασικά και καλλιεργούμενα φυτά. Πιο πρόσφατα έχει επίσης αποτελέσει τη βάση άλλων ειδικών σκευασμάτων για την καταπολέμηση προνυμφών κολεοπτέρων (δορυφόρος πατάτας) και τελευταία προνυμφών των κουνουπιών και άλλων δίπτερων. Τα σκευάσματα αυτά παρασκευάζονται από καλλιέργειες του βακτηρίου που έχουν σποριοποιήσει και οφείλουν την εντομοκτόνο δράση τους σε τοξικές πρωτεΐνες, τις λεγόμενες δ-ενδοτοξίνες, τις οποίες παράγει το βακτήριο σε παρασπώρια σωματίδια.

Στη φύση, υπάρχει πολύ μεγάλη ποικιλία τόσο στο ίδιο το βακτήριο (υποείδη, φυλές) όσο και στις ενδοτοξίνες του. Στην πράξη (σκευάσματα εντομοκτόνων) χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα υποείδη και φυλές του βακτηρίου που έχουν αποδειχθεί ότι έχουν την καλύτερη αποτελεσματικότητα σε συγκεκριμένα έντομα. Έτσι για τις προνύμφες λεπιδοπτέρων χρησιμοποιείται το υποείδος *B.t. Kurstaki*, για τις προνύμφες κολεοπτέρων το *B.t. tenebrionis* και για τις προνύμφες κουνουπιών το *B.t. israelensis*.

Οι δ-ενδοτοξίνες του βακτηρίου, απαντώνται επίσης σε μεγάλη ποικιλία και κατατάσσονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- τις λεγόμενες “Cry” πρωτεΐνες που είναι κρυσταλλικές και
- τις λεγόμενες “Cyt” πρωτεΐνες, μη κρυσταλλικές.

Μέχρι σήμερα έχουν απομονωθεί περισσότερες από 60 διαφορετικές Cry πρωτεΐνες και τουλάχιστον 4 διαφορετικές Cyt πρωτεΐνες. Ο ρόλος αυτών των πρωτεϊνών, που συνοδεύουν τα σπώρια του βακτηρίου, είναι να θανατώνουν ορισμένα έντομα ώστε να δημιουργείται ευνοϊκό υπόστρωμα για τη βλάστηση των σπορίων και τον πολλαπλασιασμό του βακτηρίου.

Οι ενδοτοξίνες αυτές δρουν στο έντομο κατά ένα εντελώς ειδικό και εκλεκτικό τρόπο. Η δράση τους εξασφαλίζεται μόνο μετά τη λήψη τους από το έντομο ως τροφή. Η επαφή της τοξίνης με την επιφάνεια του εντόμου δεν φέρει κανένα αποτέλεσμα. Στη συνέχεια μέσα στον πεπτικό σωλήνα του εντόμου, με την επίδραση των αλκαλικών υγρών, υφίσταται

υδρόλυση σε μικρότερα μόρια (ενεργοποίηση). Τα ενεργοποιημένα αυτά μόρια προσροφώνται εκλεκτικά από ειδικούς «δέκτες» της επιφάνειας του πεπτικού σωλήνα προκαλώντας θανατηφόρες βλάβες. Κάθε ενδοτοξίνη έχει τους δικούς της «δέκτες» οι οποίοι μπορεί να υπάρχουν σε ένα είδος εντόμου και όχι σε άλλο. Έτσι, κάθε ενδοτοξίνη έχει εκλεκτική δράση σ' ορισμένα είδη εντόμων μόνο. Γενικά, η τοξικότητα μιας φυλής του βακτηρίου σε ένα είδος εντόμου οφείλεται στη δράση κυρίως μιας συγκεκριμένης ενδοτοξίνης αλλά μπορεί να επηρεάζεται αθροιστικά ή και συνεργιστικά και από τις άλλες ενδοτοξίνες όπως και από άλλους παράγοντες που παράγει η συγκεκριμένη φυλή του βακτηρίου. Λόγω της δράσης αυτής των δ-ενδοτοξινών, τα σκευάσματα του *B.t.* έχουν θεωρηθεί ως ασφαλή βιολογικά εντομοκτόνα χωρίς δυσμενείς επιδράσεις στα θηλαστικά (και τον άνθρωπο) και στα ωφέλιμα αρπακτικά και παράσιτα (*Κ. Ν. Γιαννοπολίτης, 1999*).

Η αντιμετώπιση των εντόμων όμως με την τοξίνη Bt είναι περιορισμένη εξαιτίας δύο σοβαρών μειονεκτημάτων: 1) του στενού φάσματος δράσης και 2) της μικρής διάρκειας δράσης. Η μέθοδος ψεκασμού με την τοξίνη Bt είναι αναποτελεσματική για έντομα που προσβάλλουν το ριζικό σύστημα, το βλαστό ή για τα μυζητικά έντομα (*Κ. Α. Λουλακάκης, 1999*). Επίσης, η δράση της τοξίνης Bt περιορίζεται σε ορισμένα αναπτυξιακά στάδια του εντόμου. Έτσι, το ράντισμα πρέπει να γίνει σε κάποιο συγκεκριμένο αναπτυξιακό στάδιο επειδή η πρωτεΐνη του κρυστάλλου είναι ασταθής. Συνήθως, το ράντισμα των σπόρων συμπίπτει χρονικά με τη μέγιστη τιμή του πληθυσμού της προνύμφης του εντόμου που καταπολεμάται. Αυτό γίνεται γιατί οι κρύσταλλοι που είναι ευαίσθητοι στο ηλιακό φως, έχουν μικρή ημιπερίοδο ζωής στο περιβάλλον (*Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001*).

Το πρόβλημα της ευαισθησίας της τοξίνης στον ήλιο αντιμετωπίστηκε από τους ερευνητές με τη μεταφορά του υπεύθυνου γονιδίου σε βακτήρια του γένους *Pseudomonas*, στα οποία προστατεύεται ο κρύσταλλος της πρωτεΐνης καλύτερα και έτσι αυξάνει ο χρόνος ζωής του. Σήμερα χρησιμοποιούνται για γεωργική χρήση υγρά παρασκευάσματα που αποτελούνται από νεκρές γενετικά τροποποιημένες ψευδομονάδες (*Κ. Α. Λουλακάκης, 1999*).

Για την αποφυγή των πολυδάπανων ψεκασμών, οι επιστήμονες προσπάθησαν να περάσουν την ιδιότητα σχηματισμού της τοξίνης απ' ευθείας στα φυτά. Απαιτούνται όμως και ορισμένα χαρακτηριστικά ώστε να δημιουργηθούν βιώσιμα διαγονιδιακά φυτά ανθεκτικά στα έντομα.

Αυτά είναι:

1. Το συστατικό που παρέχει ανθεκτικότητα σε έντομα πρέπει να είναι προϊόν μοναδικού γονιδίου που έχει ταυτοποιηθεί και πλήρως χαρακτηριστεί.

2. Η έκφραση του εισαγόμενου γονιδίου στο διαγονιδιακό φυτό πρέπει να είναι εφικτή σε κατάλληλες συγκεντρώσεις στους επιθυμητούς ιστούς ώστε να παρέχει ανθεκτικότητα.
3. Η ανθεκτικότητα θα πρέπει να είναι σταθερά κληρονομήσιμη στους απογόνους του διαγονιδιακού φυτού.
4. Τα διαγονιδιακά φυτά θα πρέπει να επιδεικνύουν αποτελεσματική ανθεκτικότητα στα έντομα κάτω από διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος.
5. Το εισαγόμενο χαρακτηριστικό δεν θα πρέπει να έχει δυσμενείς επιδράσεις στο φυσιολογικό μεταβολισμό του φυτού.
6. Το προϊόν που κωδικοποιείται από το εισαγόμενο γονίδιο δεν θα πρέπει να προσδίδει τοξικότητα στα ζώα και στον άνθρωπο ή να είναι ακατάλληλο για ανθρώπινη χρήση. (*Don Grierson, 1991*)

Σήμερα έχει γίνει τροποποίηση πολλών φυτικών ειδών, με το γονίδιο που κωδικοποιεί τη τοξίνη Bt, καθιστώντας έτσι τα φυτά ανθεκτικά σε συγκεκριμένα έντομα. Με τον τρόπο αυτό ξεπερνιέται το πρόβλημα της σταθερότητας της τοξίνης στο περιβάλλον και επιπλέον μπορούν να αντιμετωπιστούν ασθένειες σε όλα τα μέρη του φυτού (*K. A. Λουλακάκης, 1999*). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα υβρίδια καλαμποκιού που περιέχουν τα γονίδια Bt και έχουν χρησιμοποιηθεί στην προστασία εναντίον της πυραλίδας (*Ostrinia nubilalis*), ένα πολύ σημαντικό εχθρό ο οποίος προκαλεί απώλειες στη παραγωγή που φθάνουν το 30% (*Amizee Firoz, 1998*).

Οι εξελίξεις αυτές δείχνουν τα πλεονεκτήματα της εξειδικευμένης προστασίας συγκριτικά με μια προστασία ευρέως φάσματος. Ο μεγάλος βαθμός εξειδίκευσης ανάμεσα στη τοξίνη και στο έντομο, αντίθετα με ό,τι συμβαίνει με τα χημικά εντομοκτόνα, προσφέρει τη δυνατότητα καταπολέμησης με μεγάλη ακρίβεια. Με άλλα λόγια, η συγκεκριμένη στρατηγική θεωρείται πολύ πιο ασφαλής γιατί επηρεάζει μόνο ένα είδος ή έναν πολύ μικρό αριθμό ειδών (*British Medical Association, 1998*).

Εναλλακτικά, η ανάπτυξη ανθεκτικότητας των φυτών στους εντομολογικούς εχθρούς μπορεί να επιτευχθεί με τη μεταφορά και υπερέκφραση φυτικών γονιδίων που ανήκουν στο φυσικό μηχανισμό άμυνας των φυτών. Παράδειγμα αποτελούν οι αναστολείς πρωτεασών, (αναστολέας τρυψίνης, αναστολέας α-αμυλάσης, λεκτίνη κ.ά.) οι οποίοι όταν καταναλώνονται αποτρέπουν την υδρόλυση των φυτικών πρωτεϊνών μέσα στο έντομο. Έτσι, κατ' ουσία, το έντομο λυμοκτονεί. Εάν οι πρωτεάσες αυτές είναι εξειδικευμένες μόνο για έντομα, τότε θεωρείται λογική η χρησιμοποίησή τους σε διαγονιδιακά φυτά που περιέχουν τη δόμηση αποτελούμενη από ένα δυναμικό προαγωγέα συντηγμένο με τη κωδική περιοχή του αναστολέα της πρωτεάσης. Η δόμηση αυτή θα παράγει ικανοποιητική ποσότητα του αναστολέα της πρωτεάσης με αποτέλεσμα την ανθεκτικότητα των φυτών στα έντομα

(Don Grierson, 1991). Μετασηματισμένα φυτά καπνού με το γονίδιο του αναστολέα της τρυψίνης, ανέπτυξαν αντίσταση στο *Heliothis virescens*, ένα επιβλαβές έντομο του καπνού, καθώς και σε αρκετά άλλα κολεόπτερα (K. A. Λουλακάκης, 1999).

Οι φυσικοί αναστολείς πρωτεασών είναι πρωτεΐνες και αποτελούν κοινά συστατικά στις τροφές των ανθρώπων και των ζώων, απενεργοποιούνται εύκολα και σχεδόν αμέσως με το μαγείρεμα. Έτσι, η εισαγωγή τους και σε άλλες τροφές φυτικής προέλευσης θεωρείται ασφαλής.

Μια άλλη στρατηγική είναι ο συνδυασμός εντομοκτόνων βιομορίων στα διαγονιδιακά φυτά. Στην πιο απλή μορφή του είναι η δημιουργία διαγονιδιακών φυτών που περιέχουν δύο διαφορετικά εντομοκτόνα μόρια π.χ. τοξίνη Bt και αναστολέα πρωτεασών. Σε εργαστηριακές δοκιμές βρέθηκε ότι όταν η ποσότητα τοξίνης Bt, που προξενεί ελάχιστη θανάτωση εντόμων, συμπληρώθηκε με μια μικρή συγκέντρωση αναστολέα πρωτεάσης, η δραστηριότητα του συνδυαστικού αυτού εντομοκτόνου ήταν 20 φορές περισσότερο απ' ό,τι μόνη της η τοξίνη Bt. Γι' αυτό το συνδυασμό δομήθηκε το γονίδιο χίμαιρα που αποτελείται από τη σύντηξη των δύο γονιδίων: της τοξίνης Bt και του αναστολέα της πρωτεάσης. Διαγονιδιακός καπνός συνέθετε τη συντηγμένη πρωτεΐνη (τοξίνη Bt:αναστολέα της πρωτεάσης) σε μικρή ποσότητα, με ικανοποιητικά αποτελέσματα όμως ως προς την προστασία τους από προσβολή εντόμων (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Το γονίδιο *lecA* του *Pisum sativum* που κωδικοποιεί τη λεκτίνη του σπέρματος μεταφέρθηκε στο καπνό. Βιοδοκιμές των διαγονιδιακών φυτών έναντι του εντόμου *Heliothis virescens* έδειξαν ότι η λεκτίνη απέδωσε σημαντική προστασία από τις προνύμφες. Όμως, ο αναστολέας της τρυψίνης (CpTI) έδωσε καλύτερα αποτελέσματα. Το διαγονιδιακό φυτό που περιείχε και τις δύο πρωτεΐνες μαζί ήταν περισσότερο ανθεκτικό απ' ό,τι το καθένα μόνο του, αποδεικνύοντας έτσι την προσθετικότητα των ανθεκτικών γονιδίων στην προστασία φυτών.

Η δημιουργία ποικιλιών φυτών ανθεκτικών στα έντομα μειώνει τη χρήση εντομοκτόνων και επομένως έχει ευνοϊκή επίδραση τόσο στο κόστος παραγωγής του προϊόντος όσο και στην προστασία του περιβάλλοντος (Don Grierson, 1991).

2.5 Δημιουργία φυτών ανθεκτικών στους ιούς

Οι απώλειες των καλλιεργειών και η ελάττωση της παραγωγής λόγω ιϊκών ασθενειών, μπορεί να αποβούν σημαντικές, ιδιαίτερα σε τροπικές και υποτροπικές χώρες. Οι ιοί πολλαπλασιάζονται κυρίως στα φύλλα, τα οποία κιτρινίζουν, συρρικνώνονται και ζαράνουν. Το τελικό αποτέλεσμα

της ιϊκής μόλυνσης είναι η διακοπή της φωτοσύνθεσης και η μείωση της παραγωγής (Maarten J. Chrispeels, David E. Sadava, 1994). Υπάρχουν τρεις κύριοι τρόποι ελέγχου προσβολής των φυτών από ιούς. Ο πρώτος τρόπος είναι η παραγωγή υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού ελεύθερου ιών. Ο δεύτερος στοχεύει στην παρεμπόδιση της διασποράς των ιών από φυτό σε φυτό, συνήθως με τη θανάτωση των φορέων που μεταδίδουν τους ιούς, και ο τρίτος είναι η παραγωγή και ο πολλαπλασιασμός καλλιεργούμενων φυτών ανθεκτικών στους ιούς.

Η μόλυνση επιρρεπών φυτών από έναν ιό έχει σαν αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό των ιών πρώτα στα κύτταρα στα οποία έχουν εισέλθει. Ακολούθως, γίνεται η συστηματική εξάπλωση του ιού, με τη μεταφορά του από κύτταρο σε κύτταρο, με αποτέλεσμα ο ιός να πολλαπλασιάζεται σε ιστούς που δεν είχαν αρχικά μολυνθεί. Η ανθεκτικότητα του φυτού στην ιϊκή μόλυνση ορίζεται σαν την ικανότητα του φυτού να ελαττώσει δραστικά το πολλαπλασιασμό του ιού και την εξάπλωση του σε αντιδιαστολή με τα επιρρεπή φυτά. Στη φύση τα περισσότερα φυτά είναι ανθεκτικά στους περισσότερους ιούς. Η ανθεκτικότητά αυτή εξαρτάται από τα γονίδια του φυτού-ξενιστή, το στέλεχος του ιού και των περιβαλλοντικών παραγόντων.

Η ανθεκτικότητα μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις τύπους:

1. Πλήρης ανοσία. Ο ιός δεν πολλαπλασιάζεται καθόλου, ακόμη και στα κύτταρα που πρωτοεισέρχεται.
2. Μερική ανθεκτικότητα. Ο πολλαπλασιασμός του ιού επιτρέπεται μόνο στα κύτταρα που πρωτοεισέρχεται.
3. Αντίδραση υπερευαισθησίας. (Don Grierson, 1991)

Πολλοί ιοί μεταδίδονται από φορείς όπως έντομα, μύκητες ή νηματώδεις, ενώ μερικοί μεταδίδονται από φυτό σε φυτό. Ένας τρόπος ελάττωσης της μετάδοσης των ιών από τους φορείς πραγματοποιείται με τη δημιουργία φυτών ανθεκτικών ή απωθητικών στους φορείς. Για να εισχωρήσει μέσα στο κύτταρο το ιϊκό σωματίδιο θα πρέπει να διαπεράσει τουλάχιστον το κυτταρικό τοίχωμα και την κυτταρική μεμβράνη. Η εισαγωγή γίνεται παθητικά με τοπική καταστροφή είτε από το φορέα είτε από μηχανικό τρόπο (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Ο ιϊκός πολλαπλασιασμός μπορεί να “αποσυνδεθεί” από το φαινόμενο της εμφάνισης συμπτωμάτων και θεωρείται ορθότερος ο έλεγχος των συμπτωμάτων με την ελάττωση της συσσώρευσης των ιών. Επιπλέον, υπάρχουν μεταλλάγματα ιών που πολλαπλασιάζονται στα φυτά-ξενιστές χωρίς την εμφάνιση συμπτωμάτων. Τα φυτά που μολύνονται με αυτά τα “συγκαλυμμένα” ή “ήπια” στελέχη των ιών είναι συχνά ανθεκτικά στην επιμόλυνση με τοξικά στελέχη του ίδιου ή πολύ συγγενικών ιών. Το φαινόμενο αυτό ορίζεται σαν “διασταυροπροστασία” (Don Grierson, 1991).

Στα διαγονιδιακά φυτά που εκφράζεται το γονίδιο της πρωτεΐνης του περιβλήματος ενός ιού που κανονικά μολύνει το μη διαγονιδιακό φυτό, προκύπτει μεγάλη ελάττωση της εξάπλωσης του ιού αυτού συστηματικά. Διαγονιδιακή τομάτα και καπνός τα οποία συνθέτουν την πρωτεΐνη CP από το κοινό στέλεχος (U1) του ιού του μωσαϊκού του καπνού TMV είναι μερικώς ανθεκτικά στον ιό TMV. Η ανθεκτικότητα ήταν εμφανής λόγω της απουσίας συμπτωμάτων ή της καθυστερημένης εμφάνισης συμπτωμάτων. Υπάρχει αναλογική σχέση ανάμεσα στην ποσότητα της πρωτεΐνης CP που συντίθεται στα διαγονιδιακά φυτά και στο βαθμό προστασίας, και αντίστροφη σχέση μεταξύ της αύξησης της συγκέντρωσης των ιών και της καθυστερημένης εμφάνισης συμπτωμάτων. Και στην περίπτωση της χρήσης διαγονιδιακών φυτών που εκφράζουν την πρωτεΐνη CP, παρατηρήθηκε διασταυροπροστασία. Η διακύμανση της προστασίας ήταν μεγάλη και εξαρτόταν από τον τύπο του στελέχους του ιού και την ομολογία της πρωτεΐνης CP που κωδικοποιείται από τους τύπους αυτούς των ιών. Παρ' όλα αυτά όμως, τα διαγονιδιακά φυτά που συνέθεταν την πρωτεΐνη CP του TMV ή του ιού του μωσαϊκού της μηδικής AIMV παρεμπόδιζαν την ανάπτυξη ασθένειας λόγω μόλυνσης με μη συγγενικούς ιούς. Έχουν δημιουργηθεί διαγονιδιακά φυτά που εκφράζουν το γονίδιο CP από τους ιούς μωσαϊκού της μηδικής (AIMV), του μωσαϊκού του αγγουριού (CMV), αλλά και άλλους όπως TRV, TSV, PVX. Τα διαγονιδιακά αυτά φυτά παρείχαν ανθεκτικότητα στη μόλυνση από τους αντίστοιχους ιούς δείχνοντας ότι η προσέγγιση αυτή μπορεί να γενικευτεί (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Σε δοκιμές στον αγρό, διαγονιδιακές τομάτες που συνέθεταν την πρωτεΐνη CP ήταν ανθεκτικές στο ιικό στέλεχος της τομάτας του TMV. Η παραγωγή των μη διαγονιδιακών φυτών που προσβλήθηκαν από τον αντίστοιχο ιό ελαττώθηκε κατά 25-35%. Η έκφραση του γονιδίου CP στη διαγονιδιακή ανθεκτική τομάτα που προσέδιδε ανθεκτικότητα, ήταν σε ικανοποιητικά επίπεδα και δεν επηρέαζε τη φυσιολογία αλλά και δεν προξενούσε ελάττωση της παραγωγής. Είναι γνωστό ότι η έκφραση της πρωτεΐνης CP σε διαγονιδιακά φυτά προσδίδει ανθεκτικότητα παρεμβαίνοντας στα πρώιμα στάδια της ιικής προσβολής. Μπορεί επίσης να παρεμβαίνει στα τελευταία στάδια της αντιγραφής του RNA ή να παρεμβαίνει στη μετακίνηση των ιών από κύτταρο σε κύτταρο (Don Grierson, 1991).

Ο ιός της πατάτας X αποτελείται από ένα μονόκλωνο γωνιδιωματικό RNA. Τα διαγονιδιακά φυτά προστατεύονται από τη προσβολή του ιού PVX αλλά και του ιικού RNA. Το γονίδιο του CP του PVX μεταφέρθηκε σε εμπορικές καλλιέργειες πατάτας. Ο ιός PVX από μόνος του προξενεί ήπια συμπτώματα. Όμως, μετά από επιμόλυνση της πατάτας με τον ιό της πατάτας Y (PVY) τα συμπτώματα είναι οξύτερα με συνέπεια την καταστολή της παραγωγής. Διαγονιδιακή πατάτα η οποία

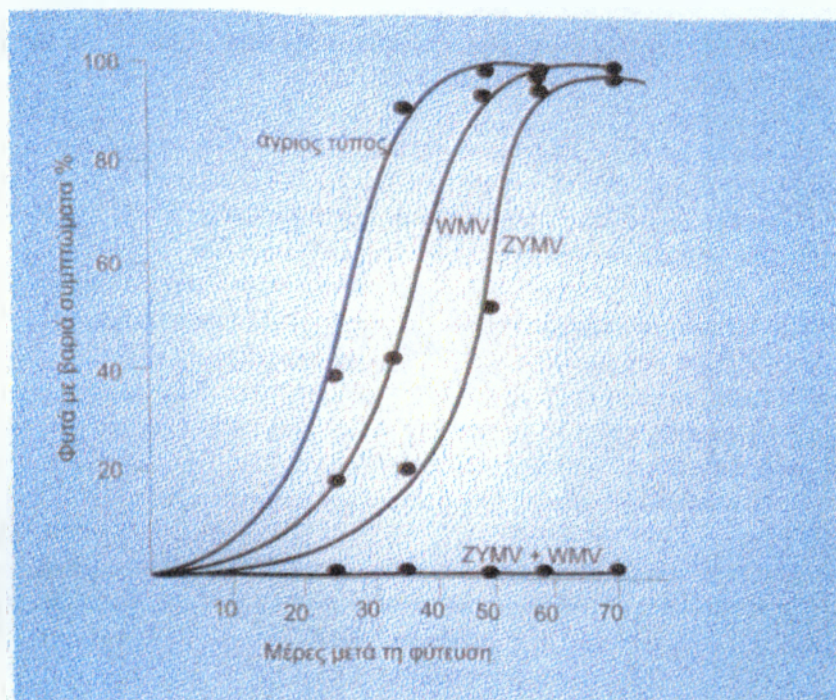
περιέχει τα γονίδια CP και από τους δύο ιούς (PVX και PVY) ήταν ανθεκτική στη προσβολή και από τους δύο ιούς. Η προστασία αυτή ήταν εμφανής και στον αγρό ενώ ταυτόχρονα δεν υπήρχε ελάττωση της παραγωγής.

Συχνά οι καλλιέργειες στον αγρό εκτίθενται σε διαφορετικούς ιούς που ο καθένας μπορεί να προξενήσει ελάττωση της παραγωγής ή πλήρεις καταστροφές. Ιδανικά, τα διαγονιδιακά φυτά θα πρέπει να είναι ανθεκτικά σε περισσότερους από έναν ιό. Για το λόγο αυτό έχουν δομηθεί πλασμίδια T1 που έχουν περισσότερα από ένα γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες C από τον ιό του μωσαϊκού του αγγουριού (CMV), από τον ιό του κίτρινου μωσαϊκού του κολοκυθιού (ZYMV) και από τον ιό του μωσαϊκού του καρπουζιού (WMV). Τα πλασμίδια αυτά χρησιμοποιήθηκαν για μετασχηματισμό του *Cucurbita pepo* (κίτρινο κολοκύθι).

Τα διαγονιδιακά φυτά που περιείχαν τις πρωτεΐνες CP απ' όλους τους ιούς ήταν ανθεκτικά στην προσβολή και στους τρεις ιούς. Τα διαγονιδιακά φυτά που συνθέτουν τις πρωτεΐνες CP του ιού ZYMV και του ιού WMV δοκιμάστηκαν στον αγρό και η προσβολή έγινε με την χρήση των αφίδων σαν φορείς. Τα διαγονιδιακά φυτά που εκφράζουν το ένα από τα δύο γονίδια ήταν ανθεκτικά ως προς την εμφάνιση των συμπτωμάτων της μόλυνσης από τους δύο ιούς ανεξάρτητα. Επιπλέον ήταν ακόμα ανθεκτικότερα και στους δύο ιούς λόγω της μεγάλης καθυστέρησης στην εμφάνιση των συμπτωμάτων (εικόνα 2.5).

Έτσι, είναι φανερό ότι η αξιοποίηση περισσότερων γονιδίων CP από διαφορετικούς ιούς είναι μια αποδοτική στρατηγική ώστε να δημιουργηθούν φυτά ανθεκτικά στους περισσότερους ιούς που κανονικά μολύνουν μια ποικιλία, αναστέλλοντας την αύξηση των φυτών και την παραγωγή της καλλιέργειας (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Ο πίνακας 2.3 περιληπτικά αναφέρει την ανθεκτικότητα των διαγονιδιακών φυτών που περιέχουν την πρωτεΐνη περιβλήματος διαφορετικών ιών.



Εικόνα 2.5 Συσχέτιση της συχνότητας της εμφάνισης συμπτωμάτων κωσών με την παρουσία της πρωτεΐνης περιβλήματος ιών κών σε διάφορα διαγονιδιακά φυτά (κίτρινες κολοκυθίδες) στον αγρό. Χρησιμοποιήθηκαν αφίδες για την μετάδοση στα φυτά του ιού του κίτρινου μωσαϊκού του καλακουθίου (ZYMV) και του ιού του μωσαϊκού του καρπουζιού 2 (WMV). Η εμφάνιση των συμπτωμάτων παρατηρήθηκε σε άγρια φυτά και σε διαγονιδιακά φυτά που περιέχουν το γονίδιο της πρωτεΐνης του περιβλήματος του ιού WMV, του ιού ZYMV και των δύο ιών ZYMV και WMV μαζί.

(Πηγή: Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001)

Πίνακας 23 . Διαγονιδιακά φυτά που περιέχουν γονίδια που κωδικοποιούν την πρωτείνη του περιβλήματος (CP) και η ανθεκτικότητά τους στους διαφόρους ιούς

| Ιοί που παρέχουν το γονίδιο της πρωτεΐνης του περιβλήματος | Φυτό | Ανθεκτικότητα στους ιούς |
|--|---|------------------------------|
| Ιός του μωσαϊκού του καπνού (TMV) | καπνός, ντομάτα | TMV, ToMV, TMGMV, PPMV, ORSV |
| Ιός της ραβδώσης του καπνού (TSV) | καπνός | TSV |
| Ιός του κηλιδωτού μωσαϊκού της ντομάτας (TSWV) | καπνός | TSWV |
| Ιός του μωσαϊκού της σάγιας (SMV) | καπνός | PVY, TEV, SMV |
| Ιός του μωσαϊκού της μηδικής (AIMV) | καπνός, μηδική, ντομάτα | AIMV |
| Ιός του μωσαϊκού του αγγουριού (CMV) | καπνός, αγγουριά | CMV |
| Ιός της διάρρωσης του καπνού (TEV) | καπνός | |
| Ιός του κραταλίσμου του καπνού (TRV) | καπνός, <i>N. banthamiana</i> | TRV, PEBV |
| Ιός του μωσαϊκού του Arabis (AMV) | καπνός | AMV |
| Ιός του μωσαϊκού της ντομάτας (ToMV) | ντομάτα | ToMV |
| Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας (PLRV) | πατάτα | PLRV |
| Ιός της πατάτας Y (PVY) | πατάτα | PVY |
| Ιός της πατάτας S (PVS) | πατάτα <i>N. debneyii</i> | PVS, PVM |
| Ιός της πατάτας X (PVX) | πατάτα, καπνός | PVX |
| Ιός της δακτυλιωτής κηλίδωσης της πατάτας (PRV) | πατάτα, καπνός | TEV, PVY, PeMV |
| Ιός της γραμμωτής ραβδώσης του ρυζιού (RSV) | ρυζί | RSV |
| Ιός ροκ της δαμασκηνιάς (PPV) | <i>Nicotiana banthamiana</i> , <i>N. clevelandi</i> | PPV |
| Ιός του μωσαϊκού του καριουζιού 2 (WMV) | <i>N. banthamiana</i> , κολοκύθα | WMV |
| Ιός του κίτρινου μωσαϊκού της κολοκυθιάς (ZYMV) | <i>N. banthamiana</i> , κολοκύθα | ZYMV |

(Πηγή: Χατζόπουλος Πολυδέκης, 2001)

2.6 Φυτά ανθεκτικά στα βακτήρια και τους μύκητες

Οι πρώτες προσπάθειες για τη δημιουργία φυτών ανθεκτικών στους μύκητες και στα βακτήρια περιλαμβάνουν την εισαγωγή γονιδίων στα φυτά που κωδικοποιούν ένζυμα, τα οποία αποικοδομούν κυτταρικά τοιχώματα βακτηρίων και μυκήτων. Τα ένζυμα που αποικοδομούν τα βακτηριακά και μυκητοειδή κυτταρικά τοιχώματα δεν βλάπτουν τα φυτά (Maarten J. Chrispeels, David E. Sadava, 1994).

Η αντίδραση των φυτών σε εισβολή παθογόνων ή άλλων αβιοτικών καταπονήσεων, επιφέρει τη σύνθεση μιας ομάδας πρωτεϊνών που ονομάζονται πρωτεΐνες σχετικές με τη παθογένεση (PR). Οι πρωτεΐνες PR συμπεριλαμβάνουν τις β -1,3-γλουκανάσες, τις χιτινάσες, τους αναστολείς πρωτεασών, και παρόμοιες πρωτεΐνες προς τη θαυματίνη (Χατζόπουλος Πολυδέκης, 2001). Τα μυκητοειδή κυτταρικά τοιχώματα αποτελούνται από δύο πολυμερή, τα β -1,3-γλουκάνια και την χιτίνη, που διασπώνται από τις γλουκανάσες και τις χιτινάσες (Maarten J. Chrispeels, David E. Sadava, 1994). Η συστατική ή επαγόμενη έκφραση ενός γονιδίου χιτινάσης (κωδικοποιεί το ένζυμο που υδρολύει τους β -1,4 δεσμούς του πολυμερούς N-ακετυλο-D-γλυκοζαμίνης), φυτικής ή βακτηριακής προέλευσης, σε διαγονιδιακό καπνό αυξάνει την ανθεκτικότητα των φυτών σε παθογόνους μύκητες. Παραπλήσια αποτελέσματα βρέθηκαν όταν το ίδιο γονίδιο ενσωματώθηκε στο γονιδίωμα ρυζιού κάτω από την επίδραση του προαγωγέα 35S του CaMV. Διαγονιδιακά φυτά που εκφράζουν τη χιτινάση ήταν επίσης πιο ανθεκτικά στις μυκητιάσεις απ' ό,τι τα κανονικά φυτά και στις εργαστηριακές δοκιμές αλλά και στον αγρό. Επιπλέον, τα διαγονιδιακά αυτά φυτά ήταν ανθεκτικά σε παθογόνους μύκητες και δεν επηρέαζαν τον ωφέλιμο μύκητα *Glomus mosseae* και η σύνδεσή του στις ρίζες γινόταν κανονικά. Αυτό μάλλον αντικατοπτρίζει τη ποικιλία της βιοχημικής σύνθεσης του κυτταρικού τοιχώματος διαφόρων μυκήτων. Η ταυτόχρονη ενσωμάτωση και συστατική έκφραση των γονιδίων χιτινάσης και γλουκουνάσης σε καπνό επέφερε υψηλότερα επίπεδα ανθεκτικότητας σε παθογόνους μύκητες απ' ό,τι όταν χρησιμοποιήθηκε κάθε ένα γονίδιο ξεχωριστά, υποδεικνύοντας το συνεργιστικό τρόπο δράσης μεταξύ των δύο ενζύμων *in planta*.

Υψηλή και συστατική έκφραση του γονιδίου που κωδικοποιεί τη πρωτεΐνη PR-1-a σε διαγονιδιακό καπνό οδήγησε σε ανθεκτικότητα έναντι δύο παθογόνων ωμοκλήτων, των *Peronospora tabacina* *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*. Η υπερέκφραση της ωσμωτίνης του καπνού, μιας πρωτεΐνης PR-5, στην πατάτα, επιβράδυνε σημαντικά τη ανάπτυξη των συμπτωμάτων που προξενούνται από *Phytophthora infestans*. Επιπλέον των πρωτεϊνών PR, έχει ανακαλυφθεί και μια ευρεία

ομάδα μικρών πεπτιδίων με αντιμυκητιακή δράση που ονομάζονται αμυντίνες. Ένα γονίδιο που κωδικοποιεί την αντιμυκητιακή πρωτεΐνη 2 (Rs-AFP2) από το ραδίκι, εισήχθη σε διαγονιδιακό καπνό με αποτέλεσμα την υψηλή ανθεκτικότητα στο παθογόνο φύλλων *Alternaria longipes* (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Τα βακτηριακά κυτταρικά τοιχώματα κατασκευάζονται από ασυνήθη πολυμερή που ονομάζονται πεπτιδογλυκάνες, οι οποίες αποτελούνται από συστατικά πρωτεϊνών και υδρογονανθράκων. Οι πεπτιδογλυκάνες αποσυνθέτονται από το ένζυμο λυσοζύμη (Maarten J. Chrispeels, David E. Sadava, 1994). Η λυσοζύμη έχει χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία διαγονιδιακής πατάτας, η οποία εκφράζει τη λυσοζύμη του βακτηριοφάγου T4. Οι ετήσιες απώλειες παγκοσμίως που προξενούνται στη πατάτα από το βακτήριο του εδάφους *Erwinia carotovora* πλησιάζουν τα 30 δις. Η λυσοζύμη κατευθύνθηκε με έκκριση στους αποπλάστες (διακυτταρικές περιοχές οι οποίες είναι μέσα στο φυτό αλλά έξω από το φυτικό κύτταρο) της πατάτας, επειδή, δια μέσου των περιοχών αυτών, εισέρχεται και μεταδίδεται το βακτήριο *E. carotovora*. Το γονίδιο της λυσοζύμης συντήχθηκε με το πεπτίδιο σινιάλο της α-αμυλάσης του κριθαριού και τοποθετήθηκαν κάτω από τη μεταγραφική ρύθμιση του 35S του ιού CaMV, παρ' όλο που ο 35S είναι ένας ισχυρός προαγωγέας. Επιπλέον, επειδή η λυσοζύμη μπορεί να λύσει ένα ευρύ φάσμα θετικών και αρνητικών κατά gram βακτηρίων, η προσέγγιση αυτή μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη στην προστασία διαφορετικών φυτών (πατάτα και άλλα), από την προσβολή διαφόρων παθογόνων βακτηρίων. Οι φυτικές πρωτεΐνες θειονίνες συχνά επιδεικνύουν τοξικότητα *in vitro*, σε παθογόνα βακτήρια. Η έκφραση του γονιδίου α-θειονίνης του κριθαριού αύξησε σημαντικά την ανθεκτικότητα του διαγονιδιακού καπνού στα παθογόνα βακτήρια *Pseudomonas syringae* p.v. *tabaci* και *P. syringae* p.v. *syringae*.

Η έκφραση ενζύμου που αδρανοποιεί τοξίνες έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για το σχηματισμό ανθεκτικότητας σε παθογόνα βακτήρια, όπως στην περίπτωση της ακετυλοτρανσφεράσης, ειδικής για ταμπτοξίνη όπου παρέχει υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας του διαγονιδιακού καπνού προς το βακτήριο *P. syringae* p.v. *tabaci*.

Οι φυτοαλεξίνες επίσης παίζουν σπουδαίο ρόλο στην ανθεκτικότητα των φυτών έναντι παθογόνων βακτηρίων και μυκήτων. Η έκφραση του γονιδίου συνθάση του στιλβενίου από το αμπέλι σε διαγονιδιακό καπνό οδήγησε στη παραγωγή νέων φυτοαλεξίνων (ρεζβερατρόλη) και σε μεγάλη αύξηση της ανθεκτικότητας έναντι του *Botrytis cinerea*. Έτσι, η στρατηγική της παραγωγής ξένων φυτοαλεξίνων σε διαγονιδιακά φυτά φαίνεται ελπιδοφόρα για την αύξηση της ανθεκτικότητας.

Ενεργές μορφές οξυγόνου (AOS), συμπεριλαμβανομένου και του υπεροξειδίου του υδρογόνου, παίζουν σπουδαίο ρόλο στην άμυνα των

φυτών έναντι προσβολής παθογόνων. Αυξημένες συγκεντρώσεις H_2O_2 σε διαγονιδιακή πατάτα οδήγησαν σε αυξημένη ανθεκτικότητα έναντι παθογόνων βακτηρίων και μυκήτων. Οι κόνδυλοι των φυτών αυτών έδειξαν δραστική ανθεκτικότητα στην ασθένεια του μαρασμού που προκαλείται από το *Verticillium*, στην ασθένεια του περονόσπορου που προκαλείται από το *Phytophthora infestans* και στη βακτηριακή ασθένεια μαλακή σήψη που προκαλείται από το *Erwinia carotovora*, υποείδος *carotovora*. Έτσι, η αύξηση της παραγωγής των AOS σε διαγονιδιακά φυτά φαίνεται να οδηγεί σε ανθεκτικότητα έναντι ασθενειών από διάφορους φυτοπαθογόνους οργανισμούς.

Ένας πιο αποτελεσματικός τρόπος άμυνας των φυτών σε μύκητες, σε βακτήρια και σε ιούς είναι η αντίδραση υπερευαισθησίας (HR). Η αντίδραση HR επάγεται στην αλληλεπίδραση φυτού-παθογόνου, μόνο όταν το φυτό περιέχει ένα γονίδιο ανθεκτικότητας που “αναγνωρίζει” το αντίστοιχο γονίδιο μη-τοξικότητας του παθογόνου. Η αλληλεπίδραση φυτού και παθογόνου οδηγεί σε ασθένεια όταν υπάρχει απουσία ενός εκ των δύο γονιδίων. Έχουν απομονωθεί διάφορα γονίδια ανθεκτικά σε ασθένειες. Ένα από αυτά είναι το γονίδιο *Pto* από τη τομάτα που κωδικοποιεί μια ενεργή πρωτεϊνική κινάση σερίνης/θρεονίνης και ενδεχομένως εμπλέκεται στη διαμεταγωγή σήματος. Η ανθεκτικότητα που παρέχεται από το γονίδιο αυτό διατηρείται όταν αυτό εισαχθεί και σε ετερόλογα φυτικά συστήματα. Διαγονοδιακός καπνός που περιέχει το γονίδιο *Pto* της τομάτας που κανονικά παρέχει ανθεκτικότητα σε στελέχη *P. syringae* p.v. *tomato* και που εκφράζουν το μη-τοξικό γονίδιο *avrPto*, είναι ανθεκτικός σε στελέχη του *P. syringae* p.v. *tabaci* που έχουν το γονίδιο *avrPto* (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

2.7 Ανθεκτικότητα σε αβιοτικούς παράγοντες

Μία ακόμη από τις προσπάθειες των βιοτεχνολόγων είναι να δημιουργήσουν ποικιλίες οι οποίες να είναι ανθεκτικές στις ακραίες συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως παγετοί, ξηρασία, αλατότητα, υψηλά επίπεδα υπεριώδους ακτινοβολίας, τοξικά μέταλλα. Θέλουν δηλαδή να δημιουργήσουν φυτά που να αντέχουν σε διάφορες περιπτώσεις αβιοτικής καταπόνησης (stress) (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999). Τα μοριακά φαινόμενα που υπογραμμίζουν τις καταπονήσεις αυτές είναι η επαγωγή της έκφρασης και της σύνθεσης συγκεκριμένων πρωτεϊνών, όπως θερμοεπαγώμενες πρωτεΐνες (HSP), ώστε να ανταπεξέλθουν στις συνθήκες αυτές. Όμως οι αβιοτικές καταπονήσεις δημιουργούν και ανεπιθύμητα επακόλουθα όπως ελεύθερες ρίζες οξυγόνου (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001). Η έρευνα όμως σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζει περισσότερες δυσκολίες σε σχέση με άλλες εφαρμογές της γενετικής

μηχανικής, επειδή στην ανταπόκριση του φυτού στους διάφορους τύπους καταπόνησης εμπλέκονται τις περισσότερες φορές πολλά γονίδια.

Σε μοριακό επίπεδο, ένα από τα ανεπιθύμητα επακόλουθα της καταπόνησης είναι η παραγωγή ριζών οξυγόνου. Συνεπώς οι ερευνητές προσπαθούν να δημιουργήσουν φυτά με αντοχή σε αυξημένα επίπεδα ριζών O_2 και έτσι θα είναι ανθεκτικά στις διάφορες περιπτώσεις αβιοτικών καταπονήσεων. Ένας κοινός τύπος βλαβερής ρίζας οξυγόνου είναι το ανιόν του υπεροξειδίου (O_2^-). Σε κανονικές συνθήκες το ανιόν του υπεροξειδίου μετατρέπεται από το ένζυμο υπεροξειδική δισμουτάση (SOD) σε υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2) το οποίο στη συνέχεια διασπάται σε νερό και οξυγόνο από τα ένζυμα υπεροξειδάσες και καταλάσες (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999). Τα φυτά έχουν αρκετά διαφορετικά ισοένζυμα δισμουτάσης του υπεροξειδίου. Οι χλωροπλάστες έχουν τη δισμουτάση του υπεροξειδίου τύπου Cu/Zn, ενώ το ίδιο ισοένζυμο υπάρχει στο κυτταρόπλασμα σε μικρή ποσότητα. Ο τύπος Mn του ενζύμου εντοπίζεται στα μιτοχόνδρια ενώ άλλα φυτά περιέχουν χλωροπλαστική δισμουτάση του υπεροξειδίου τύπου Fe. Όλα τα γονίδια είναι πυρηνικής προέλευσης. Διαγονιδιακός καπνός με εισαγόμενο το γονίδιο της δισμουτάσης του υπεροξειδίου, κάτω από την επίδραση του συστατικού προαγωγέα 35S, ήταν ανεκτικός στις ελεύθερες ρίζες οξυγόνου λόγω ταχείας κατάλυσης. Σε μεταγενέστερα πειράματα όπου ο διαγονιδιακός καπνός έφερε ένα γονίδιο (cDNA) δισμουτάσης του υπεροξειδίου τύπου Cu/Zn που εντοπίζεται στο χλωροπλάστη, κάτω από την επίδραση του προαγωγέα 35S του ιού CaMV, ήταν πολύ περισσότερο ανθεκτικός στις καταστροφές που προξενούνται από υπερβολική δόση φωτός.

Η δοκιμή έδειξε ότι ο διαγονιδιακός καπνός διατηρούσε το 95% της φωτοσυνθετικής του ικανότητας κάτω από συνθήκες όπου τα μη μετασηματισμένα φυτά έχασαν όλη τη φωτοσυνθετική τους ικανότητα. Με μια άλλη προσέγγιση, διαγονιδιακά φυτά που φέρουν το ένζυμο δισμουτάση του υπεροξειδίου, τύπου Mn, κλωνοποιημένο έτσι ώστε να κατευθύνεται στο χλωροπλάστη, ήταν 3 έως 4 φορές περισσότερο ανθεκτικά στις καταστροφικές συνέπειες του όζοντος απ' ότι τα μη διαγονιδιακά φυτά (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Η SOD μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και για τη διατήρηση της ποιότητας των κομμένων λουλουδιών. Η μάρανση των πετάλων οφείλεται εν μέρει σε ρίζες οξυγόνου που παράγονται κατά το γηρασμό των ανθέων. Οπότε η υπερέκφραση της SOD μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου ζωής των κομμένων λουλουδιών.

Ένα άλλο πρόβλημα της σύγχρονης γεωργίας είναι η αυξημένη αλατότητα του εδάφους και η ξηρασία. Υπάρχουν πολλά φυτά που αντιμετωπίζουν αυτές τις συνθήκες συνθέτοντας ενώσεις μικρού μοριακού βάρους, γνωστές ως οσμωπροστατευτικά (σάκχαρα, αλκοόλες,

προλίνη και τεταρτοταγείς ενώσεις του αμμωνίου). Σκοπός των ενώσεων αυτών είναι να διευκολύνουν την πρόσληψη νερού και να σταθεροποιούν και να προστατεύουν τα μακρομόρια του κυττάρου από ζημιές που προκαλεί η υψηλή αλατότητα. Ιδίως η τεταρτοταγής ένωση του αμμωνίου μεταΐνη είναι ένας πολύ αποτελεσματικός ωσμολύτης που συσσωρεύεται σε μερικά φυτά σε περιόδους ξηρασίας ή υψηλής αλατότητας (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999). Οι μεταβολιτές αυτοί προάγουν τη λήψη και την κατακράτηση νερού. Έτσι, προστατεύουν το φυτικό κύτταρο, σταθεροποιώντας δομές μακρομορίων, από την ξηρασία και την υψηλή συγκέντρωση άλατος (λόγω αραιώσης από την αύξηση του νερού) (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001). Πολλά καλλιεργούμενα φυτικά είδη υψηλής σημασίας όπως το ρύζι, η πατάτα και η τομάτα δεν συσσωρεύουν μεταΐνη. Συνεπώς αν σε αυτά τα φυτά εισαχθούν γονίδια βιοσύνθεσης της μεταΐνης, μπορούν να μετατραπούν σε ανθεκτικά. Πράγματι, σε πειραματικές συνθήκες, γενετικά τροποποιημένα φυτά καπνού που βιοσυνθέτουν μεταΐνη ήταν 80% πιο ανθεκτικά σε υψηλά επίπεδα αλατότητας από τα κανονικά φυτά.

Η αντιμετώπιση του παγετού που προκαλεί σημαντικές καταστροφές σε πολλές καλλιέργειες, είναι ένας ακόμη στόχος της γενετικής μηχανικής. Ορισμένοι οργανισμοί οι οποίοι είναι ανθεκτικοί στις χαμηλές θερμοκρασίες έχουν γονίδια που παράγουν αντιπηκτικές πρωτεΐνες. Αν αυτά τα γονίδια μεταφερθούν σε μη ανθεκτικά φυτά, εξασφαλίζεται η αντοχή αυτών των φυτών στον παγετό και προστατεύονται τα προϊόντα τους κατά τη μετασυλλεκτική αποθήκευσή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Τέλος υπάρχουν φυτά που παρουσιάζουν αυξημένη ικανότητα επιβίωσης σε εδάφη μολυσμένα με βαρέα μέταλλα. Φυτά του γένους *Alyssum* (Brassicaceae) συσσωρεύουν νικέλιο έως και 3% του ξηρού τους βάρους, πιθανότατα λόγω της ικανότητάς τους να σχηματίζουν σύμπλοκα νικελίου με το αμινοξύ ιστιδίνη, που το παράγουν σε μεγάλες ποσότητες. Η τροποποίηση επομένως, του μεταβολισμού των αμινοξέων των φυτών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία φυτών ανθεκτικών σε εδάφη μολυσμένα με νικέλιο. Αυτά τα φυτά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την απορρύπανση μολυσμένων εδαφών (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

2.8 Παραγωγή ενώσεων βιομηχανικής χρήσης

Από τους σημαντικότερους στόχους της βιοτεχνολογίας είναι η δημιουργία γενετικά τροποποιημένων φυτών για την παραγωγή χρήσιμων πρωτεϊνών και άλλων χημικών για τη βιομηχανία. Συνεπώς οι αγρότες θα μπορούν στο μέλλον να αντικαταστήσουν προβληματικές

καλλιέργειες που απαιτούν οικονομική ενίσχυση με νέες καλλιέργειες που θα παράγουν βιομηχανικές πρώτες ύλες (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

Η παραγωγή βιομηχανικών ενώσεων από τα φυτά δεν είναι καινούργια, αφού αρκετά φυτικά προϊόντα (π.χ. άμυλο, κυτταρίνη, έλαια) χρησιμοποιούνται ήδη στη βιομηχανία. Παραδείγματα υπάρχουν πολλά, όπως ότι περισσότερο από το μισό άμυλο που παράγεται στη Δυτική Ευρώπη βρίσκεται άλλες χρήσεις, εκτός από τον τομέα των τροφίμων. Ακόμη, τουλάχιστον το 20% των αναγκών της Βραζιλίας σε υγρή ενέργεια καλύπτεται από αιθανόλη που παράγεται με ζύμωση από το σακχαρότευτλο. Ωστόσο οι δυνατότητες της σύγχρονης βιοτεχνολογίας είναι πολύ μεγαλύτερες, εφόσον μπορούν να δημιουργηθούν διαγονιδιακά φυτά με καλύτερη απόδοση, που θα παράγουν ενώσεις με βελτιωμένα χαρακτηριστικά για τη βιομηχανία ή ακόμη και καινοφανείς ενώσεις βιομηχανικής σημασίας όπως τροποποιημένο άμυλο, βιομηχανικά έλαια, καύσιμα, πλαστικές ύλες, φαρμακευτικές ενώσεις, αντισώματα και ένζυμα εκτεταμένης βιομηχανικής χρήσης (Μ. Α. Τύπας, 1998).

Με μεταφορά γενετικού υλικού από ένα φυτό σε άλλο με καλύτερα αγρονομικά χαρακτηριστικά είναι δυνατόν να διευκολυνθεί η παραγωγή ενώσεων βιομηχανικής σημασίας. Γι' αυτό τον σκοπό γίνονται πειράματα γενετικής τροποποίησης φυτών με ελαιούχους σπόρους, όπως σόγιας, ελαιοκράμβης και ηλίανθου, για την παραγωγή ελαίων κατάλληλων για ειδικές βιομηχανικές χρήσεις (π.χ. φοινικέλαιο) (πίνακας 2.4) (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

Πίνακας 2.4. Ποικιλία παραγωγής των χρήσιμων λιπαρών οξέων που συνθέτονται από τα ελαιούχα φυτά και η χρήση τους. (Πηγή: Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001)

| Όνομα | Αρ. ατόμων άνθρακα (C) | Αρ. διπλών δεσμών (C=C) | Πηγή προέλευσης | Κυριότερες χρήσεις |
|--------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Οκτανοϊκό οξύ | 8 | 0 | <i>Cyperia hookerina</i> | Καύσιμο, απορρυπαντικά |
| Δεκανοϊκό οξύ | 10 | 0 | <i>Cyperia raucipetala</i> | Καύσιμο, απορρυπαντικά |
| Λαουρικό οξύ | 12 | 0 | | Απορρυπαντικά |
| Μυριστικό οξύ | 14 | 0 | Μοσχοκάρυδο, καρύδα | Απορρυπαντικά, σαπούνια, τροφή |
| Παλμιτικό οξύ | 16 | 0 | Φοινικιά | Τροφή |
| Στεατικό οξύ | 18 | 0 | Κακάο | Τροφή |
| Πετροσελινικό οξύ | 18 | 1 | Κολίαντρο, καρότο | Πλαστικά, απορρυπαντικά |
| Ολεϊκό οξύ | 18 | 1 | Ελιά, ελαιοκράμβη | Τροφή, ρυτίδες, κόλλες |
| Λινολεϊκό οξύ | 18 | 2 | Ηλίανθος, καλαμπόκι | Τροφή, χρώματα |
| α-λινολενικό οξύ | 18 | 3 | Λιναρόσπορος | Βαφές, βερνίκια, λινέλαιο |
| γ-λινολενικό οξύ | 18 | 3 | Evening primrose | Φαρμακευτικά |
| Καλενδικό οξύ | 18 | 3 | <i>Calendula officinalis</i> | Αρώματα, λιπαντικά, νάϊλον |
| Ρικινολεϊκό οξύ | 18 | 1 | Ρετινολαδιά | Βαφές, γράσσα |
| Βερνολικό οξύ | 18 | 1 | <i>Vernonia anthelmintica</i> | Επόξυ ρητίνες |
| α-ελεοστεατικό οξύ | 18 | 3 | tung | Βερνίκια, σμάλτα |
| α-λικανικό οξύ | 18 | 3 | octicica | Χρώματα, μελάνια, σμάλτα |
| Εικοσανοϊκό οξύ | 20 | 1 | meadowfoam | Λιπαντικά |
| Ερουκικό οξύ | 22 | 2 | Σινάπι | Λιπαντικά, αρώματα, νάϊλον |
| Νερβονικό οξύ | 24 | 2 | Λουνάρι | λιπαντικά |

Ένας ακόμη στόχος της γενετικής μηχανικής είναι η παραγωγή καινοφανών ενώσεων με βιομηχανική αξία από τα διαγονιδιακά φυτά. Προσπαθούν, δηλαδή, οι βιοτεχνολόγοι να δημιουργήσουν φυτά που να παράγουν χρήσιμες πρωτεΐνες, όπως βιομηχανικά ένζυμα, θεραπευτικές πρωτεΐνες, αντιγόνα, αντισώματα. Τα πλεονεκτήματα αυτών των φυτών έναντι των αντίστοιχων μικροβιακών συστημάτων, είναι το κόστος παραγωγής των προϊόντων τους και η ικανότητά τους να συνθέτουν λειτουργικές πρωτεΐνες με σωστή διαμόρφωση, κάτι που δεν είναι πάντα εφικτό με τα μικρόβια (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

Ειδικότερα, η παραγωγή πρωτεϊνών με ιατρική αξία είναι πολύ σημαντική. Έτσι, φυτά πατάτας έχουν τροποποιηθεί για να παράγουν την ανθρώπινη λευκωματίνη (αλβουμίνη), μια πρωτεΐνη του ορού που χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση του σοκ και την αύξηση του όγκου του αίματος σε περιπτώσεις χειρουργικών επεμβάσεων ή εγκαυμάτων (British Medical Association, 1998). Το ποσοστό της ανθρώπινης αλβουμίνης του ορού μέσα στα διάφορα διαγονιδιακά φυτά πατάτας ποικίλει και το μέγιστο της συσσώρευσης ήταν 0,02% της ολικής πρωτεΐνης, ενώ όλα τα διαγονιδιακά φυτά ήταν φαινοτυπικά κανονικά (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001). Ακόμα φυτά ελαιοκράμβης προγραμματίστηκαν να παράγουν εγκεφαλίνη, μια φυσική αναλγητική ουσία που συντίθεται στον ανθρώπινο εγκέφαλο (British Medical Association, 1998). Επίσης έχουν δημιουργηθεί διαγονιδιακά φυτά που παράγουν γλυκοσερεβρισιδάση και GMC- ενεργοποιητικό παράγοντα. Η γλυκοσερεβρισιδάση ήταν μέχρι σήμερα πάρα πολύ ακριβή διότι η θεραπεία ενός ασθενούς με την ασθένεια Gaucher απαιτούσε τη συλλογή από μαιευτήρια πάνω από 10 τόνους γυναικείου πλακούντα από τους τοκετούς για τον καθαρισμό της πρωτεΐνης που απαιτείται για τη θεραπεία ενός ασθενούς (πίνακας 2.5).

Πίνακας 2.5. Βιοφάρμακα και τροφοφάρμακα που φτιάχτηκαν σε φυτά (Πηγή: Αθ. Τσαντάρης, 2001).

| A/A | Η ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ | Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ | ΓΙΑ ΠΟΙΑ ΧΡΗΣΗ |
|-----|---------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1. | Ανθρώπινη Πρωτεάση του Ορού | Καπνός | Αντιθρομβικό του αίματος |
| 2. | Ανθρώπινη Χιρονδίνη 2 | Ελαιοκράμβη | Αντιθρομβικό του αίματος |
| 3. | Ανθρώπινος GMC διεγέρτης | Μουσταρδόφυτο | Νιουτροπενία |
| 4. | Ανθρώπινη ερυθροποιητική | Ελαιοκράμβη | Αναιμία |
| 5. | Ανθρώπινη εγκεφαλίνη | Ελαιοκράμβη | Αντιυπεραναλγητικό |
| 6. | Ανθρώπινος επιδερμικός παράγων | Καπνός | Θεραπεία τραυμάτων/έλεγχος κυτταροδιαίρεσης |
| 7. | Ανθρώπινη ιντερφερόνη -α | Ρύζι | Ενάντια στην ηπατίτιδα Β και Ε |
| 8. | Ανθρώπινη Αλβουμίνη του Ορού | Πατάτα | Κίρρωση του ήπατος |
| 9. | Ανθρώπινη αιμοσφαιρίνη | Πατάτα | Υποκατάστατο αίματος |
| 10. | Ανθρώπινο Ομοιοτριμερικό Κολλαγόνο -I | Καπνός | Κολλαγόνο |
| 11. | Ανθρώπινη α-1 Αντιτρυψίνη | Ρύζι | Ασθένειες του ήπατος Κυστική Ίνωση και αιμορραγία |
| 12. | Ανθρώπινη Απροτίνη | Καλαμπόκι | Χειρουργική μεταμοσχεύσεων |
| 13. | Τροποπ. ένζυμο της Αγγειοτασίνης I | Τομάτα | Υπέρταση |
| 14. | α- Τριχοστατίνη από TMV | Καπνός | AIDS |
| 15. | Γλυκοσερεβροσιδάση | Καπνός | Ασθένεια Gaucher |
| 16. | Συνθετάση των Φυτοενίων (καροτένια) | Ρύζι | Έλλειψη βιταμίνης Α |
| 17. | Απα-1 αλβουμίνη των σπόρων | Πατάτα | Έλλειψη αμινοξέων |

Εκτός όμως από την παραγωγή πρωτεϊνών από τα φυτά (τροφοφάρμακα), έχουν δημιουργηθεί και τα αντιγόνα. Έτσι, τρώγοντας κάποιος ένα φρούτο ή λαχανικό εμβολιάζεται. Αυτά είναι τα τροφοεμβόλια. Τροφοεμβόλια φτιάχνονται για την ηπατίτιδα Ε στην πιπεριά, για την ηπατίτιδα Α και Β, αλλά και εμβόλια για άλλες μολυσματικές αρρώστιες του ανθρώπου και των ζώων (τερηδόνα των δοντιών, χολέρα, διάρροια, ρινόρροια, ελονοσία, AIDS κ.ά., όπως και για τον καρκίνο) (Αθ. Τσαντάρης, 2001).

Μια πρωτότυπη αλλά πιθανή δυνατότητα της μοριακής μηχανικής και βιοτεχνολογίας φυτών είναι η παραγωγή και χρήση λειτουργικών αντισωμάτων μέσα στα φυτικά κύτταρα που να καθοδηγούνται έναντι περιβαλλοντικών μολύνσεων (χημικών ενώσεων). Επειδή τα αντισώματα

είναι σχετικά μεγάλα σε μέγεθος βιομόρια δεν μπορούν να εξέλθουν από το φυτικό κύτταρο. Όμως, μικρότερα μόρια όπως χημικές ενώσεις που μολύνουν το περιβάλλον, βιομηχανικά απόβλητα, ζιζανιοκτόνα και εντομοκτόνα, μπορούν να απορροφηθούν και, αφού αλληλεπιδράσουν με τα αντισώματα, να διατηρηθούν μέσα στο φυτικό κύτταρο που εκφράζει το αντίσωμα. Έτσι, τα διαγονιδιακά φυτά που εκφράζουν τα αντισώματα αυτά θα χρησιμεύσουν σαν βιοφίλτρα για την κατακράτηση των ουσιών αυτών. Μια άλλη προσέγγιση στο θέμα αυτό είναι η παραγωγή χημικών ενώσεων, μέσα στο διαγονιδιακό φυτικό κύτταρο που σχηματίζουν ενώσεις (σύμπλοκα) με τις ρυπογόνες ουσίες. Τα φυτά αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παράδειγμα για την απομάκρυνση ρυπογόνων βαρέων μετάλλων από τα εδάφη ή για την κατακράτηση διαφόρων ρυπογόνων ενώσεων σε υδάτινα περιβάλλοντα.

Μια άλλη ξένη πρωτεΐνη που παράγεται και αυτή στα φυτά είναι αυτή της α-αμυλάσης από το είδος *Bacillus licheniformis*. Η α-αμυλάση από τα βακτήρια και από τους μύκητες χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιομηχανία για την υδρόλυση των α-1,4-γλυκοσιδικών δεσμών στα αμυλούχα συστατικά της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης. Χρησιμοποιείται στην επεξεργασία του αμύλου στις βιομηχανίες αλκοόλης για την ρευστοποίηση στις βιομηχανίες ζυθοποιίας όπως και σε άλλες βιομηχανίες για την παραγωγή κρασιού, τη διαύγεια των χυμών και του κρασιού. Ο διαγονιδιακός καπνός που περιείχε το γονίδιο της α-αμυλάσης από το *B. licheniformis* χρησιμοποιήθηκε για την υγροποίηση του αμύλου από το καλαμπόκι και από την πατάτα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η υγροποίηση ήταν σε συγκρίσιμα αποτελέσματα με αυτήν που δημιουργεί η α-αμυλάση που παράγεται από τα βακτήρια (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Τέλος διερευνάται η δυνατότητα εισαγωγής γονιδίων στα φυτά ώστε να συνθέτουν ένζυμα τα οποία θα μπορούν να μετατρέψουν κάποιο ενδιάμεσο προϊόν του μεταβολισμού τους σε ένα επιθυμητό προϊόν που κανονικά το φυτό δεν βιοσυνθέτει. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το βιοπολυμερές polyhydroxybutyrate (PHB) που παράγεται σήμερα με βακτηριακή ζύμωση από το βακτήριο *Alcaligenes eutrophus*, το οποίο έχει τροποποιηθεί γενετικά για να αποθηκεύει κόκκους PHB. Το PHB χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία πλαστικών. Τα πλαστικά και ελαστικά που έχουν ως βάση τους τα βιοπολυμερή είναι βιοδιασπώμενα, και ανανεώσιμα και επομένως είναι εξαιρετικά χρήσιμα.

Ακόμη το PHB είναι μη τοξικό και πειράματα έχουν δείξει ότι είναι συμβατό με τον ζωντανό ιστό. Δεν προκαλεί φλεγμονή όταν εισέρχεται στο σώμα. Αυτό το γεγονός έχει οδηγήσει σε σειρά ιατρικών εφαρμογών του βιοπλαστικού, όπως στην φροντίδα τραυμάτων και σε παραϊατρικές εφαρμογές, όπως στις σακκούλες κολοστομίας και στις βρεφικές πάνες. Μπορεί επίσης να παραχθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να διασπάται μέσα στο

σώμα. Το προϊόν της αποικοδόμησης είναι το 3-υδροξυβουτυρικό οξύ, ένα χημικό που βρίσκεται στον ιστό των θηλαστικών σε συγκεντρώσεις 3 – 10mg ανά 100cm³ αίματος.

Για τη σύνθεση του PHB απαιτούνται τρία ένζυμα από τα οποία το πρώτο υπάρχει στα φυτά. Με την εισαγωγή των γονιδίων που ελέγχουν τη σύνθεση των δύο άλλων ενζύμων στο *Arabidopsis thaliana* επιτεύχθηκε σύνθεση σημαντικών ποσοτήτων PHB στα φύλλα του (Caroline A. Spelman, 1994).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ



3.1 Γενικά

Η γενετική τροποποίηση φυτών και μικροοργανισμών υπήρξε ένα από τα κύρια πεδία της βιοτεχνολογικής έρευνας. Οι προοπτικές της είναι εξαιρετικά επωφελείς τόσο για την υγεία του ανθρώπου όσο και για την βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Κάποιες από τις δραστηριότητες του ανθρώπου ήδη αξιοποιούν γενετικά τροποποιημένους μικροοργανισμούς. Για παράδειγμα, η ζύμωση στα βακτήρια έχει αξιοποιηθεί για τη βελτίωση της εξόρυξης χαλκού και για τον καθαρισμό αποβλήτων από ορυχεία, με αποτέλεσμα τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος (*British Medical Association, 1998*). Αλλά και η διαχείριση βιομηχανικών, αστικών και αγροτικών λυμάτων γίνεται με τη χρήση μικροοργανισμών (φυσικοί, γενετικά τροποποιημένοι) που περιέχουν τα καταβολικά πλασμίδια, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα καταβολισμού ουσιών που αποτελούν ισχυρότατα δηλητήρια στη φύση. Ορισμένοι από αυτούς τους οργανισμούς έχουν τη δυνατότητα παραγωγής βιοαερίου (μεθανίου, δηλαδή εναλλακτικής μορφής ενέργειας, θέρμανσης, φωτισμού κ.ά.), ενώ άλλοι που καθαρίζουν τις πετρελαιοκηλίδες μετατρέπονται σε βιομάζα, κατάλληλη για τροφή ψαριών (*Μ.Τόπας, 1997*). Εντούτοις, η γενετική τροποποίηση οργανισμών δεν είναι εντελώς απαλλαγμένη από κινδύνους ή προβλήματα (*British Medical Association, 1998*).

3.2 Επιπτώσεις στη γενετική ποικιλότητα

Ο κίνδυνος να μειωθεί ή ακόμα και να εξαφανισθεί η γενετική ποικιλότητα στα φυτά από την ενδεχόμενη επικράτηση γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών προκαλεί αναπόφευκτα μεγάλη ανησυχία. Αυτή βασίζεται εν μέρει στην πεποίθηση ότι η γενετική ποικιλότητα βοηθά τα διάφορα είδη φυτών να επιβιώνουν σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον (π.χ. κλιματολογικές μεταβολές ή μεταβολές της σύστασης του εδάφους). Ακόμη η βιοποικιλότητα αναστέλλει τη διασπορά παθογόνων μικροοργανισμών. Συνεπώς τα παράσιτα, τα βακτήρια, οι ιοί ή οι μύκητες θα προσβάλλουν ορισμένες μόνο από τις ποικιλίες ενός είδους. Οπότε αν περιοριστεί η γενετική ποικιλότητα των ειδών είναι πιθανόν να εξαφανιστούν όλα τα φυτικά είδη.

Επειδή όμως οι περιβαλλοντικές συνθήκες και οι παθογόνοι οργανισμοί στα οποία εκτίθενται τα φυτά μεταβάλλονται συνεχώς, οι επιστήμονες μπορεί στο μέλλον να αντιμετωπίσουν εντελώς απρόβλεπτα προβλήματα. Άρα όσο μεγαλύτερη είναι η βιοποικιλότητα τόσο πιο εύκολα θα μπορέσουν να επιλύσουν τα προβλήματα που θα ανακύψουν. Επομένως, επιβάλλεται η διατήρηση «γενετικών αποθεμάτων» με την

προοπτική να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά, έστω και αν σήμερα δεν χρησιμοποιούνται για εμπορική εκμετάλλευση (*British Medical Association, 1998*).

Όμως η επιστήμη της βιοτεχνολογίας έχει και θετικές επιπτώσεις όσον αφορά την διατήρηση της βιοποικιλότητας. Είναι δυνατόν να βοηθήσει στην διατήρηση πολλών ποικιλιών φυτών. Και αυτό γιατί οι βιοτεχνολόγοι μπορούν εύκολα να πάρουν το DNA του κυττάρου ενός φυτού και να αναπαράγουν τα γονίδια του απεριόριστα. Έτσι τα διακινδυνευμένα είδη ίσως να σωθούν από την εξαφάνιση ή ακόμη να ανακτηθούν μέσω της γενετικής μηχανικής.

Ένα τυπικό φυτικό είδος μπορεί να έχει 40.000 γονίδια, συμπεριλαμβανομένων ίσως και 1.000 γονιδίων που διαφέρουν από τη μία ποικιλία στην άλλη. Τα 1.000 αυτά γονίδια απαρτίζουν την βιοποικιλότητα του είδους. Η γενετική μηχανική μπορεί να εισάγει νέα γονίδια στην γενετική δεξαμενή του είδους. Αυτό αντιπροσωπεύει την αυξανόμενη βιοποικιλότητα (*Charles M. Rader, 2001*).

Η επιτυχία της βιοτεχνολογικής επανάστασης εξαρτάται εξολοκλήρου από την πρόσβαση στο πλούσιο απόθεμα των γονιδίων που αξιοποιείται για να δημιουργηθούν νέα γνωρίσματα και ιδιότητες φυτικών τύπων που προορίζονται για παραγωγή διατροφικών αγαθών, ινών και ενέργειας ή προϊόντων που χρησιμοποιούνται για φαρμακευτικούς και ιατρικούς σκοπούς. Τα γονίδια που περιέχουν νέα και χρήσιμα γνωρίσματα τα οποία μπορούν να γίνουν αντικείμενα χειρισμού, να μετασχηματιστούν και να εισαχθούν σε οργανισμούς που προορίζονται για την εμπορική αγορά, προέρχονται είτε από άγρια είδη είτε από τα καλλιεργούμενα είδη (π.χ. παραδοσιακές ποικιλίες). Παρά τις φοβερές δυνατότητες των βιοτεχνολογικών μεθόδων και της Γενετικής Μηχανικής στην παραγωγή τροποποιημένων εμπορεύσιμων προϊόντων, η βιοτεχνολογική βιομηχανία ακόμη παραμένει εξαιρετικά εξαρτημένη από το φυσικό γενετικό υλικό (*germplasm*) από το οποίο αντλεί τις πρώτες ύλες της. Προς το παρόν είναι αδύνατον να κατασκευάσει ένα χρήσιμο νέο γονίδιο στο εργαστήριο. Μ' αυτή την έννοια, η βιοτεχνολογία παραμένει μια "εξορυκτική" βιομηχανία. Μπορεί να αντλήσει γενετικό υλικό, αλλά δεν μπορεί να το δημιουργήσει *de novo*.

Απ' την άλλη πλευρά, οι ίδιες οι μέθοδοι της βιοτεχνολογίας – η συρραφή των γονιδίων, η καλλιέργεια ιστών, ο πολλαπλασιασμός με κλωνοποίηση – είναι πιθανό να καταλήξουν σε μια αυξανόμενη γενετική ομοιομορφία, ένα στένεμα της γενετικής βάσης και απώλεια της ίδιας της γενετικής ποικιλότητας που είναι τόσο ουσιώδης για την εγγύηση της επιτυχίας του βιοτεχνολογικού κλάδου στο μέλλον.

Η σημασία διατήρησης της βιοποικιλότητας έχει γίνει πλέον προφανής τα τελευταία χρόνια, διότι αποτελεί αστήρευτη πηγή άντλησης γονιδίων ανθεκτικότητας για αντιμετώπιση πολλών καταστροφικών

επιδημιών από ασθένειες που έπληξαν την αγροτική οικονομία τα τελευταία 150 χρόνια. Στη σύγχρονη γεωργία, η εξάπλωση της ασθένειας δεν ευνοείται από τη μονοκαλλιέργεια που καθιστά τα φυτά δυνητικά ευάλωτα σε συγκεκριμένες ασθένειες προκαλούμενες από ιούς, βακτήρια και μύκητες. Σε κάθε μια από αυτές τις περιπτώσεις, οι αγρότες και οι καταναλωτές τελικά σώθηκαν με την εισαγωγή νέων ποικιλιών με γονίδια που βρέθηκαν ότι είναι ανθεκτικά στις μολύνσεις. Τα φυτά-δότες των γονιδίων ανθεκτικότητας ανακαλύφθηκαν είτε στα άγρια είδη είτε σε καλλιεργούμενες παραδοσιακές ποικιλίες που λόγω της γενετικής τους σύνθεσης ήταν ανθεκτικές στις ασθένειες που εξαπλώνονταν στους αγρούς.

Το πρώτο και ίσως το πιο γνωστό παράδειγμα σύγχρονης επιδημικής ασθένειας συνέβει στην Ιρλανδία στη δεκαετία του 1840. Οι πατάτες ανακαλύφθηκαν στον νέο κόσμο και γρήγορα ήρθαν στην Ευρώπη. Η πατάτα σε σύντομο χρονικό διάστημα έγινε είδος πρώτης ανάγκης για την διατροφή των Ιρλανδών. Στα 1845 μια μυστηριώδης ασθένεια έπληξε την καλλιέργεια της πατάτας και κράτησε για πέντε χρόνια, σκορπώντας την πείνα σ' όλη την Ιρλανδία. Περισσότεροι από ένα εκατομμύριο άνθρωποι πέθαναν και πολλοί άλλοι μετανάστευσαν στην Βόρεια Αμερική για να γλιτώσουν απ' την πείνα. Οι ιρλανδικές ποικιλίες πατάτας είχαν κοινή γενεαλογική καταγωγή με περιορισμένο γονιδιακό απόθεμα που αποδείχθηκε εξαιρετικά ευάλωτο στην ασθένεια. Τελικά οι ερευνητές μπόρεσαν να βρουν στις Άνδεις και το Μεξικό που είναι το κέντρο καταγωγής της πατάτας, ανθεκτικά φυτά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως πηγή άντλησης γονιδίων για αντιμετώπιση της προσβολής.

Ένα δεύτερο παράδειγμα είναι εκείνο που συνέβει στη δεκαετία του 1870 όπου ένα μύκητας του καφέ κατέστρεψε τις καλλιέργειες στην Ινδία και στην Κεϋλάνη και στα 1904 ο ίδιος μύκητας έπληξε τους βλαστούς στις καλλιέργειες σίτου στις ΗΠΑ και τις κατέστρεψε. Σε πολλές περιπτώσεις που η σύγχρονη Γεωργία στηρίχθηκε στη χρησιμοποίηση μονογενεοτυπικών ποικιλιών και στη μονοκαλλιέργεια, τούτο είχε ως αποτέλεσμα το «ευάλωτο» της παραγωγής και την απειλή μιας ολοκληρωτικής καταστροφής της.

Πολλοί επιστήμονες και παρατηρητές που ανησυχούν μήπως η απώλεια της γενετικής ποικιλότητας στη γη μειώσει τις προοπτικές εξασφάλισης νέων τροφίμων, φαρμακευτικών ουσιών και ινών για τους ανθρώπους, αρχίζουν να ασκούν πιέσεις στις κυβερνήσεις για να προστατεύσουν και να διατηρήσουν τον «πράσινο χρυσό». Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ (FAO) εκτιμά ότι μέχρι τα μέσα του 21^{ου} αιώνα θα έχουν εξαφανιστεί περίπου 40.000 πολύτιμα φυτικά είδη. Ο Έντουαρντ Σάουμα, γενικός διευθυντής του FAO,

προειδοποιεί ότι “η απώλεια τους συνιστά μια μεγάλη απειλή όσον αφορά την εξασφάλιση τροφίμων στον κόσμο”.

Η μείωση της γενετικής ποικιλότητας επιτείνεται εξαιτίας των σύγχρονων γεωργικών μεθόδων που εξακολουθούν να δίνουν έμφαση στη μονοκαλλιέργεια αντί στις μεθόδους της μεικτής καλλιέργειας. Οι αγροβιομηχανικές και οι χημικές εταιρείες αναζητούν πάντα το τέλειο προϊόν, φυτά που θα μεγαλώνουν γρήγορα, θα είναι ανθεκτικά στις ασθένειες, εύκολα στη συγκομιδή και τη μεταφορά του προϊόντος στις αγορές. Οι δυνάμεις της αγοράς, τόσο στις αναπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες, εξαναγκάζουν τους αγρότες να στραφούν από τις παραδοσιακές ποικιλίες των χωρών τους στις σύγχρονες μονογενεοτυπικές ποικιλίες των υψηλών αποδόσεων. Η εγκατάλειψη ενός τεράστιου αριθμού παραδοσιακών ποικιλιών προς όφελος νέων έχει υπονομεύσει σοβαρά την γενετική ποικιλότητα δημιουργώντας μια υπερεξάρτηση από ένα φθίνοντα αριθμό φυτικών γονιδιωμάτων.

Η βιοτεχνολογία έχει στόχο να δημιουργήσει ποικιλίες με υπεροχή και ευρεία προσαρμοστικότητα για τις γεωργικές περιοχές όλου του κόσμου. Ωστόσο, η μεταστροφή προς την καλλιέργεια καλύτερου πατενταρισμένου διαγονιδιακού πολλαπλασιαστικού υλικού θα διαβρώσει ακόμη περισσότερο το γονιδιακό απόθεμα, καθώς οι αγρότες θα εγκαταλείπουν τις παραδοσιακές ποικιλίες προς όφελος των πιο ανταγωνιστικών εμπορικά, διαγονιδιακών προϊόντων.

Η συνεχιζόμενη μείωση του εναπομείναντος, παγκόσμια, αγροτικού γενετικού υλικού επιταχύνεται με την εφαρμογή πιο εκλεπτισμένων μεθόδων πολλαπλασιασμού, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται η κλωνοποίηση και η καλλιέργεια ιστών. Με αυτές τις νέες τεχνολογίες είναι δυνατόν να παράγονται, σε μαζική κλίμακα, αντίγραφα ενός αρχικού γενοτύπου, που το καθένα δεν θα διακρίνεται από το άλλο. Οι επιστήμονες μπορούν τώρα να παίρνουν ένα μόνο γραμμάριο κάλου (μια συστάδα μη διαφοροποιημένων φυτικών κυττάρων) και να παράγουν περισσότερα από δέκα εκατομμύρια φυτικά έμβρυα, μέσα σε έξι μήνες, παρακάμπτοντας τις εποχές τους αγρότες, τις ιδιαιτερότητες και τις αβεβαιότητες που συνοδεύουν το παραδοσιακό φύτεμα των σπόρων στους αγρούς.

Σύμφωνα με τους επικριτές των νέων τεχνολογιών της Βιοτεχνολογίας και της Γενετικής Μηχανικής οι διαγονιδιακές σε αντιδιαστολή με τις παραδοσιακές ποικιλίες δίνουν βραχυχρόνιες απλοϊκές λύσεις. Έτσι, για παράδειγμα, το συγκριτικό πλεονέκτημα μιας διαγονιδιακής ποικιλίας με ανθεκτικότητα σε κάποιο φυσικό εχθρό ξεπερνιέται σύντομα λόγω του ότι είναι κατά κανόνα μονογονιδιακού ελέγχου (κάθετη ανθεκτικότητα). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα περισσότερα παθογόνα (ιοί, βακτήρια, μύκητες κ.λ.π.) εξελίσσονται με ταχύτατους ρυθμούς απ’ ότι τα φυτά με αποτέλεσμα να δημιουργούν

πληθώρα μολυσματικών στελεχών κάποιο από τα οποία μπορεί να ξεπεράσει την «δήθεν» ανθεκτικότητα που εξασφαλίζει η διαγονιδιακή ποικιλία. Αντίθετα, η ανθεκτικότητα των παραδοσιακών ποικιλιών εξασφαλίζεται συνήθως από εκατοντάδες γονίδια που συνεργάζονται κατά μυριάδες τρόπους (οριζόντια ανθεκτικότητα). Το είδος αυτό της ανθεκτικότητας δύσκολα ξεπερνιέται από τα παθογόνα διότι τα φυτά της ποικιλίας μπορούν και ανταποκρίνονται κατά μέσο όρο ικανοποιητικά στις πιθανές μεταβολές των παθογόνων αλλά και των περιβαλλοντικών συνθηκών. Σύμφωνα με την προηγούμενη επιχειρηματολογία, η εγκατάλειψη των παραδοσιακών ποικιλιών το μόνο που εξασφαλίζει είναι το άνοιγμα δρόμων για δημιουργία συνεχώς νέων διαγονιδιακών «σούπερ φυτών» με τα οποία σε έναν αγώνα δρόμου με τα παθογόνα, θα επιχειρείται το ξεπέραςμα του εκάστοτε εμφανιζόμενου προβλήματος.

Ένας άλλος κίνδυνος είναι η πιθανή ροή γονιδίων από τα διαγονιδιακά φυτά στις «ντόπιες» καλλιέργειες και τα άγρια φυτά των παγκοσμίων κέντρων βιοποικιλότητας που απομένουν μέχρι σήμερα. Αυτά τα κέντρα είναι οι περιοχές όπου συνυπάρχουν τα άγρια συγγενικά φυτά και οι εγχώρια καλλιεργούμενες ποικιλίες και γι' αυτό αποτελούν τις παρακαταθήκες που προμηθεύουν γενετικό υλικό για τη βελτίωση των φυτών. Εκφράζεται έντονη ανησυχία ότι η εισαγωγή, σε μεγάλη κλίμακα, των διαγονιδιακών καλλιεργειών θα μολύνει τα εναπομείναντα κέντρα ποικιλότητας του κόσμου. Η ροή γονιδίων από τα διαγονιδιακά φυτά στις εγχώριες ποικιλίες είναι πιθανώς αναπόφευκτη, χάρη στα φιλόδοξα σχέδια του βιοτεχνολογικού κλάδου να προωθήσει επιθετικά στην αγορά τους σούπερ σπόρους του, σε κάθε αγροτική περιοχή της υδρογείου. Και μάλλον θα είναι αδύνατον να προστατευτούν τα ελάχιστα κέντρα ποικιλότητας σπόρων από την αυξανόμενη διείσδυση των διαγονιδιακών καλλιεργειών (*Jeremy Rifkin, 1998*).

Στην Οαχάκα του Μεξικού, Αμερικανοί επιστήμονες φύτεψαν διαγονιδιακό καλαμπόκι και παρατήρησαν ότι υπήρξε ροή γονιδίων από το διαγονιδιακό καλαμπόκι στις ντόπιες ποικιλίες, και ότι η ροή γονιδίων ήταν μεγάλη. Επίσης το διαγονιδιακό DNA που εισήχθηκε στις ντόπιες ποικιλίες περνούσε από τη μια γενιά στην άλλη (*David Quist & Ignacio H. Chapela, 2001*).

Η ροή γονιδίων από τα καλλιεργούμενα είδη στα άγρια, μπορεί να δημιουργήσει ένα ακόμη πρόβλημα. Η υβριδοποίηση μεταξύ ενός κοινού είδους και ενός σπανίου, κάτω απ' τις κατάλληλες συνθήκες, έχει ως αποτέλεσμα την εξαφάνιση του σπανίου είδους σε μερικές γενιές. Υπάρχουν πολλές αναφορές στις οποίες η υβριδοποίηση μεταξύ μιας καλλιεργούμενης ποικιλίας και των άγριων συγγενών ειδών της έχει αυξήσει τον κίνδυνο εξαφάνισης για την άγρια ταξινομική μονάδα.

Οι καλλιέργειες οι οποίες κινδυνεύουν να εξαφανιστούν με τη ροή γονιδίων είναι αυτές που φυτεύονται σε καινούριες τοποθεσίες, κοντά σε άγρια συγγενικά είδη, οπότε αυξάνεται η ταχύτητα υβριδοποίησης λόγω της κοντινής απόστασης (*Norman C. Ellstrand, 2001*).

Τέλος ένας κίνδυνος για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας έχει να κάνει με τη δημιουργία νέων ειδών, γεγονός που αποκτά όχι μόνο περιβαλλοντικές αλλά και ηθικές διαστάσεις. Έτσι, νέα είδη μπορούν να κυριαρχήσουν, άλλα να υποχωρήσουν και άλλα να εξαφανιστούν εντελώς. Αυτό μπορεί να έχει ως συνέπεια μια πλήρη φυσική απορρύθμιση, με γρήγορους ρυθμούς μεταβολών, μέσα από περισσότερα γενετικά τροποποιημένα στελέχη που θα τροφοδοτήσουν με πολύ περισσότερο υλικό τη φυσική εξέλιξη (*Ανώνυμος, 2000*).

3.3 Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και το περιβάλλον

Ένα από τα σημαντικότερα θέματα συζήτησης αποτελεί η εκούσια απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον (*British Medical Association, 1998*). Σχεδόν κάθε γενετικά κατασκευασμένος οργανισμός που απελευθερώνεται στο περιβάλλον δημιουργεί μια δυνητική απειλή για το οικοσύστημα. Οι γενετικά κατασκευασμένοι οργανισμοί όταν απελευθερωθούν είναι δύσκολο να ανακληθούν στο εργαστήριο ειδικά εκείνοι οι οργανισμοί που είναι μικροσκοπικοί γι' αυτό είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν όλες οι δυνητικές επιπτώσεις που θα είχε ένας γενετικά κατασκευασμένος οργανισμός στα οικοσυστήματα της γης (*Jeremy Rifkin, 1998*). Ήδη, συγκεκριμένα περιστατικά καταδεικνύουν ότι υπάρχουν αρκετά αναπάντητα ερωτήματα που σχετίζονται με τις μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της απελευθέρωσης των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον. Η πιθανότητα αύξησης της ανθεκτικότητας παθογόνων σε αντιβιοτικά, η αύξηση της ανθεκτικότητας εντόμων σε τοξίνες που εκκρίνουν οι τροποποιημένοι οργανισμοί, η επέκταση ποικιλιών με προφανή πλεονεκτήματα σε βάρος φυσικών ιθαγενών ποικιλιών, αποτελούν μερικά από τα ερωτηματικά που πρέπει να απαντηθούν πριν την καλλιέργεια των αντίστοιχων τροποποιημένων οργανισμών (*N. Χαλαμπίδης, 1997*).

Ειδικότερα, ένας κίνδυνος μπορεί να προκύψει επειδή, τις περισσότερες φορές, οι γενετικά τροποποιημένοι μικροοργανισμοί είναι χρήσιμοι μόνο αν καταφέρουν να επιβιώσουν και να πολλαπλασιαστούν. Περιστασιακά, θα μπορούσε να έχει θετικά αποτελέσματα η χρησιμοποίηση οργανισμών ικανών να επιβιώνουν εκτός εργαστηρίου για πολύ λίγο, όπως για παράδειγμα οι ραβδοϊοί κατά της σήψης των πεύκων. Ωστόσο, είναι πολύ πιθανόν να ανακύψουν προβλήματα αν οι

γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί μεταφέρουν τις νέες γενετικές πληροφορίες τους σε άλλα είδη, στα οποία η έκφραση των καινούργιων χαρακτηριστικών θα είχε καταστροφικές συνέπειες είτε για τα ίδια είτε για το περιβάλλον τους.

Όταν πραγματοποιήθηκε η απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων βακτηρίων σε καλλιέργειες για αντιπαγετική προστασία, ορισμένοι ερευνητές εξέφρασαν κάποιες επιφυλάξεις σχετικά με την δυνατότητα οι νέοι μικροοργανισμοί να συναγωνιστούν τα αντίστοιχα φυσικά στελέχη βακτηρίων κατά των οποίων «στοχεύονταν» και ήταν υπεύθυνα για τη δημιουργία των παγοκρυστάλλων (*British Medical Association, 1998*). Το πρόβλημα γίνεται εμφανές με βάση την εξής περιγραφή:

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, με κυβερνητική έγκριση ερευνητές του πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας τροποποίησαν ένα βακτήριο που ονομάζεται *Pseudomonas syringae*. Αυτό το συγκεκριμένο βακτήριο απαντάται στη φυσική του κατάσταση στα εύκρατα κλίματα, σε όλο τον κόσμο. Η μοναδική του συμβολή είναι η ικανότητα του να σχηματίζει κρυστάλλους πάγου. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία του ανασυνδυσμένου DNA, οι ερευνητές του πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας βρήκαν τον τρόπο να ακυρώσουν τις γενετικές οδηγίες που ευθύνονται για τη δημιουργία πάγου από το βακτήριο. Αυτό το γενετικά τροποποιημένο μικρόβιο *Pseudomonas syringae* ονομάζεται ice-minus (άνευ πάγου). Ο παγετός αποτελούσε για μεγάλο χρονικό διάστημα μεγάλο πρόβλημα για τους Αμερικανούς αγρότες. Η αμερικανική λοιπόν εταιρεία που χρηματοδότησε αυτή την έρευνα έλπιζε ότι ψεκάζοντας τις αγροτικές καλλιέργειες με μεγάλες συγκεντρώσεις του βακτηρίου ice-minus, το φυσικό βακτήριο θα εξαφανιζόταν και θα αποτρεπόταν ο παγετός. Τα οφέλη από την εφαρμογή αυτού του γενετικά τροποποιημένου οργανισμού εμφανίζονταν εντυπωσιακά. Όμως δεν επιβεβαιώθηκαν στην πράξη. Εκτός όμως από αυτό, η ικανότητα του φυσικού πληθυσμού του συγκεκριμένου οργανισμού να δημιουργεί πάγο βοηθά στη διαμόρφωση της παγκόσμιας διάταξης των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων (βροχοπτώσεων, χαλαζοπτώσεων κ.ά.) και επομένως αποτελεί ένα βασικό προσδιοριστικό παράγοντα των κλιματολογικών συνθηκών του πλανήτη.

Ένα άλλο παράδειγμα είναι η εισαγωγή αντιψυκτικών γονιδίων πρωτεΐνης από τους πλάτιχθεις στο γενετικό κώδικα της τομάτας για να προστατευτούν οι τομάτες απ' τον παγετό (*Jeremy Rifkin, 1998*).

Βέβαια, οι ερευνητές υπερασπίστηκαν τα πειράματά τους και την εμπορική εφαρμογή των αποτελεσμάτων τους ισχυριζόμενοι ότι η εισαγωγή γενετικά τροποποιημένων μικροοργανισμών αναμένεται να έχει λιγότερες δυσμενείς επιπτώσεις από τις αναρίθμητες, ακούσιες, τυχαίες μεταλλάξεις που συμβαίνουν κατά την εξέλιξη. Επιπλέον

ισχυρίζονται ότι οι νέες γενετικές τροποποιήσεις έχουν επιλεγεί και σχεδιαστεί με προσοχή και, επομένως, είναι λιγότερο επικίνδυνες από τις φυσικές εξελικτικές διεργασίες ή από τις παραδοσιακές μεθόδους ανάπτυξης νέων ποικιλιών. Εντούτοις, πρέπει να τονιστεί ότι η πραγματοποίηση μιας αυτόματης (φυσικής) μετάλλαξης αφορά έναν μόνο οργανισμό. Αντίθετα, η απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων μικροοργανισμών στο περιβάλλον περιλαμβάνει την ταυτόχρονη απελευθέρωση μεγάλου πληθυσμού ακμαίων και ανθεκτικών νέων ποικιλιών. Συνεπώς, σ' αυτή την περίπτωση υπάρχουν περισσότερες πιθανότητες να υπάρξουν δυσμενείς επιπτώσεις ή ανεπιθύμητες αλληλεπιδράσεις (*British Medical Association, 1998*).

Όταν απελευθερώνεται ένας γενετικά κατασκευασμένος οργανισμός υπάρχει πάντα η μικρή πιθανότητα να προκληθεί διατάραξη της ισορροπίας, ακριβώς όπως συμβαίνει γενικά με τα μη αυτόχθονα είδη, όταν εισάγονται σε ένα πολύπλοκο περιβάλλον στο οποίο έχει αναπτυχθεί ένα πλέγμα εξαιρετικά ολοκληρωμένων σχέσεων σε μακριές περιόδους της εξελικτικής ιστορίας. Κάθε νέα τεχνητή εισαγωγή μπορεί να προκαλέσει μια περιβαλλοντική έκρηξη της οποίας οι συνέπειες θα είναι σημαντικές και μη αναστρέψιμες.

Για παράδειγμα, οι επιστήμονες σταθμίζουν τη δυνατότητα παραγωγής ενός γενετικά κατασκευασμένου ενζύμου που θα μπορούσε να καταστρέφει τη λιγνίνη, μια οργανική ουσία που σκληραίνει το ξύλο. Πιστεύουν ότι η χρήση αυτού του γενετικά τροποποιημένου ενζύμου, για τον καθαρισμό της εκροής των εργοστασίων παραγωγής χαρτιού ή για την αποσύνθεση βιολογικού υλικού και την παραγωγή ενέργειας, θα συνιστούσε ένα μεγάλο εμπορικό πλεονέκτημα. Αλλά εάν τα βακτήρια που περιέχουν αυτό το ένζυμο μεταναστεύσουν, θα μπορούσαν επίσης να καταστρέψουν εκατομύρια στρέμματα δασών, καταβροχθίζοντας την ουσία που δημιουργεί τα σκληρά τμήματα των δέντρων.

Ένας αυξανόμενος αριθμός οικολόγων προειδοποιεί ότι ακόμη μεγαλύτερος κίνδυνος πιθανώς βρίσκεται, σ' αυτό που αποκαλείται "ροή γονιδίων"-στη μεταφορά συνδυασμένων γονιδίων από καλλιεργούμενα φυτά σε συγγενικά τους που βρίσκονται σε άγρια κατάσταση, μέσω της σταυρογονιμοποίησης. Εάν τα υβρίδια που προκύπτουν αναπαραχθούν επιτυχώς με τα ζιζάνια και το ανασυνδυασμένο γονίδιο περάσει στις επόμενες γενεές, τότε θα αποτελέσει μέρος του πληθυσμού των άγριων φυτών. Τον 19^ο αιώνα, στην Καλιφόρνια, εμφανίστηκε ένα άγριο ραπανάκι ως αποτέλεσμα διασταύρωσης μεταξύ ενός διαφυγόντος καλλιεργημένου ραπανιού και ενός εισαγμένου ζιζανίου γνωστού με το όνομα αρθρωτό αγριοσινάπι. Στη Γαλλία κατά τη διάρκεια των περασμένων δεκαετιών, ένα καινούριο ζιζάνιο εξελίχθηκε από την μόλυνση των ζαχαροτεύτλων με τη γύρη από ένα άγριο υποείδος της Μεσογείου. Στη Κεντρική Αμερική και στο Μεξικό, το καλαμπόκι και ο

άγριος συγγενής του, το τεοσέντλι, έχουν σταυροεπικονιαστεί, δημιουργώντας ζιζάνια τεοσέντλι που συχνά δεν μπορούν να διακριθούν από το καλλιεργημένο καλαμπόκι και συνεπώς συχνά διαφεύγουν κατά τη διαδικασία ξεριζώματος των ζιζανίων.

Οι ερευνητές ανησυχούν μήπως τα ανασυνδυασμένα γονίδια, που είναι κατασκευασμένα ώστε να υπάρχει ανεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα και ανθεκτικότητα στα βλαβερά έντομα και στους ιούς, δραπετεύσουν και μέσω της σταυροεπικονίασης εισέλθουν στα γονιδιώματα των άγριων συγγενών τους δημιουργώντας ζιζάνια που αναπτύσσουν αντιστάσεις στα ζιζανιοκτόνα, στα έντομα και στους ιούς. Οι φόβοι ότι υπάρχει δυνατότητα να μεταφερθούν ανασυνδυασμένα γονίδια σε άγρια συγγενικά φυτά κορυφώθηκαν το 1996, όταν μια ερευνητική ομάδα από τη Δανία, που εργάζεται υπό την αιγίδα του Υπουργείου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, παρατήρησε τη μεταφορά ενός ανασυνδυασμένου γονιδίου, από μια διαγονιδιακή καλλιέργεια, στο γονιδίωμα ενός ζιζανίου συγγενικού προς αυτή-κάτι για το οποίο οι επικριτές των πειραμάτων σκόπιμης απελευθέρωσης προειδοποιούσαν επί πολλά χρόνια και οι βιοτεχνολογικές εταιρείες το απέρριπταν ως απόμακρη ή και ανύπαρκτη πιθανότητα.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος ο δρ Τόμας Ρ. Μίκελσεν και η ομάδα του φύτεψαν μια διαγονιδιακή ελαιοφόρο κράμβη που περιείχε ένα γονίδιο ανθεκτικότητας στα ζιζανιοκτόνα σε έναν αγρό όπου υπήρχε ένας πολύ στενός συγγενής της, το φυτό *Brassica campestris*. Η ερευνητική ομάδα ανέφερε ότι το 42% της δεύτερης γενιάς των νέων άγριων φυτών είχε αναπτύξει ανθεκτικότητα στο ζιζανιοκτόνο-μια καθαρή και σαφής απόδειξη ότι το ανασυνδυασμένο γονίδιο είχε μεταφερθεί με επιτυχία από την ελαιοφόρο κράμβη στο συγγενικό της ζιζάνιο. Η δανέζικη μελέτη απέδειξε ότι τα ανασυνδυασμένα γονίδια που εισάγονται σε καλλιεργούμενα φυτά μπορούν εύκολα και γρήγορα να μεταφερθούν στα άγρια φυτά, δημιουργώντας μια νέα και μολυσματική μορφή γενετικής ρύπανσης.

Οι εκπρόσωποι του βιοτεχνολογικού κλάδου υποστηρίζουν ότι η πιθανότητα να διαρρεύσουν ανασυνδυασμένα γονίδια από τα καλλιεργημένα φυτά στα άγρια, συγγενικά τους ζιζάνια είναι μικρή, καθώς οι εμπορικές καλλιέργειες δεν αναπτύσσονται κοντά σε άγρια φυτά. Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες έχουν αποδείξει ότι τα γονίδια αυτά μπορούν να μεταναστεύουν σε πολύ πιο μακρινές αποστάσεις. Σε μια απ' αυτές τις μελέτες, οι επιστήμονες φύτεψαν γενετικά κατασκευασμένες πατάτες που περιείχαν ένα ανθεκτικό γονίδιο στα αντιβιοτικά. Στη συνέχεια φυτεύθηκαν συνηθισμένες πατάτες σε διαφορετικές αποστάσεις από τη διαγονιδιακή καλλιέργεια. Το 35% των σπόρων που συλλέχθηκαν απ' τις πατάτες που αναπτύχθηκαν 1.100 μέτρα μακριά από

τη διαγονιδιακή καλλιέργεια της πατάτας περιείχαν το ανθεκτικό στα αντιβιοτικά γονίδιο (*Jeremy Rifkin, 1998*).

Με την μεταφορά γονιδίων σε πληθυσμούς άγριων συγγενικών ειδών (η οποία ενισχύει την προσαρμοστικότητά τους), είναι δυνατόν να δημιουργηθούν υπέρ ζιζάνια. Στην πραγματικότητα, έντεκα από τα δεκαοκτώ πιο σημαντικά και παγκόσμια είδη ζιζανίων αναπτύσσονται ως καλλιεργούμενα (*Holmes et al., 1977*). Αν το γονίδιο που είναι υπεύθυνο για την ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα, μεταφερθεί στα άγρια συγγενικά είδη των καλλιεργούμενων φυτών που είναι ζιζάνια, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μιας νέας γενιάς υπέρ ζιζανίων με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα. Αν το γονίδιο που ρυθμίζει την παραγωγή ενδοτοξίνης μεταφερθεί στα άγρια φυτά, αυτά τα φυτά μπορεί να αναπτύξουν ανθεκτικότητα κατά της πεταλούδας, των λεπιδοπτέρων και των παρασίτων των σκαθαριών, όπως ακριβώς οι Bt καλλιέργειες. Αυτή η συγκεκριμένη ανάπτυξη ανθεκτικότητας είναι δυνατόν να ανατρέψει τις καθιερωμένες οικολογικές ισορροπίες, είτε προκαλώντας τα άγρια φυτά να εξελιχθούν υπερβολικά και να μετατραπούν σε ζιζάνια, είτε μειώνοντας τον πληθυσμό των πεταλούδων ή των λεπιδοπτέρων που πρόσφατα τρέφονταν στα νέα τοξικά φυτά. Αν το γονίδιο που είναι υπεύθυνο για την ανθεκτικότητα των φυτών στους ιούς μεταφερθεί μέσω της επικονίασης σε ένα άγριο συγγενικό είδος φυτού, τότε αυτό το φυτό μπορεί επίσης να μετατραπεί σε φυτό με ανθεκτικότητα στους ιούς και να γίνει υπέρ ζιζάνιο (*Dr. Michael Hanson and Jean Halloran, 1999*).

Η πιθανότητα να χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες ποσότητες ζιζανιοκτόνων δημιουργεί τη δυνατότητα να αναπτύξουν τα ζιζάνια αντιστάσεις, εξαναγκάζοντας σε ακόμη μεγαλύτερη χρήση αγροχημικών, προκειμένου να τεθούν υπό έλεγχο οι πιο ανθεκτικές γενιές ζιζανίων. Οι νέες, ανθεκτικές στα βλαβερά έντομα διαγονιδιακές ποικιλίες θέτουν παρόμοια περιβαλλοντικά προβλήματα. Οι χημικές εταιρείες ετοιμάζουν ποικιλίες που παράγουν εντομοκτόνα σε κάθε κύτταρο του κάθε φυτού. Ένας αυξανόμενος αριθμός επιστημονικών μελετών τονίζει την πιθανότητα δημιουργίας υπερεντόμων, ανθεκτικών στους μηχανισμούς προστασίας των νέων, γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών που παράγουν εντομοκτόνα. Διάφορα φυτά, μεταξύ των οποίων το ανθεκτικό στα έντομα «μεγιστοποιητικό καλαμπόκι» της Novartis και το ανάλογο φυτό καπνού της Rohm and Haas, ήδη διατίθενται στην εμπορική αγορά.

Σχεδόν όλες οι ποικιλίες που είναι ανθεκτικές στα βλαβερά έντομα περιέχουν ένα γονίδιο από ένα φυσικό βακτήριο του εδάφους το *Bacillus thuringiensis*. Το βακτήριο παράγει μια κρυσταλλική πρωτεΐνη, γνωστή ως Bt πρωτοτοξίνη. Αντίθετα με τη φυσική βακτηριακή πρωτοτοξίνη, η διαγονιδιακή τοξίνη έχει αλλοιωθεί ώστε να ενεργοποιείται αμέσως μετά την παραγωγή της από το φυτό. Εφόσον δεν ενεργοποιείται από τα οξέα του στομάχου, μπορεί να βλάψει ένα μεγαλύτερο φάσμα εντόμων και

οργανισμών του εδάφους. Το ανασυνδυασμένο γονίδιο διατηρεί την τοξικότητα του έως και τρεις φορές περισσότερο διάστημα μέσα στο έδαφος, πράγμα που το καθιστά πολύ πιο επικίνδυνο ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από το αντίστοιχο γονίδιο που απαντά στη φύση.

Η ανησυχία ότι η χρήση της διαγονιδιακής τοξίνης Bt θα μπορούσε να δημιουργήσει μια νέα γενιά ανθεκτικών “υπερεντόμων” κορυφώθηκε το 1996, όταν μια ασυνήθιστα ζεστή και ξηρή περίοδος στη νότια περιοχή των ΗΠΑ προξένησε μια απροσδόκητη σειρά γεγονότων σε μια διαγονιδιακή καλλιέργεια μπαμπακιού. Είναι ευρέως γνωστό ότι τα φυτά όταν πλήττονται από τη ζέστη και τη ξηρασία μειώνουν συχνά την πρωτεϊνοσύνθεσή τους και την παραγωγή της τοξίνης Bt. Όμως η κάμια που καταστρέφει την κάψα του μπαμπακιού πολλαπλασιάζεται σε συνθήκες ζέστης και ξηρασίας. Ο συνδυασμός μειωμένων επιπέδων παραγωγής της τοξίνης Bt και αυξημένων επιπέδων προσβολής των φυτών από την κάμια αυτή που συνέβη εξαιτίας του θερμού, ξηρού καιρού, σήμαινε σχεδόν καταστροφή της καλλιέργειας του μπαμπακιού με τους νέους διαγονιδιακούς σπόρους.

Ο Γκούλντ και άλλοι οικολόγοι πιστεύουν ότι τα διαγονιδιακά φυτά που είναι ανθεκτικά στα ζιζάνια και στα βλαβερά έντομα θα αυξήσουν την πιθανότητα δημιουργίας νέων ανθεκτικών γενεών “υπερζιζανίων” και “υπερεντόμων” στα επόμενα χρόνια.

Οι βιοτεχνολογικές εταιρείες εργάζονται επίσης για να δημιουργήσουν φυτά τα οποία θα απαλείψουν τον κίνδυνο των συνηθισμένων ιών. Η νέα γενιά διαγονιδιακών καλλιεργειών που είναι ανθεκτικές στους ιούς εγείρει την εξίσου επικίνδυνη δυνατότητα δημιουργίας νέων ιών που ποτέ δεν υπήρξαν στη φύση. Έτσι μπορεί να υπάρξει η πιθανότητα συνδυασμού των γονιδίων του πρωτεϊνικού περιβλήματος με άλλα γονίδια σε παραπλήσιους ιούς που υπάρχουν φυσικά μέσα στα διαγονιδιακά φυτά. Το αποτέλεσμα θα είναι η δημιουργία ενός ανασυνδυασμένου ιού με καινούρια χαρακτηριστικά. Η προοπτική να δημιουργηθούν νέοι ιοί προκαλεί έντονο προβληματισμό και εγείρει σοβαρές αμφιβολίες όσον αφορά την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της διάδοσης διαγονιδιακών καλλιεργειών, ανθεκτικών στους ιούς, στο ανοιχτό περιβάλλον.

Υπάρχει επίσης η ανησυχία ότι αρκετά διαγονιδιακά φυτά που εισάγονται στο εμπόριο μπορεί από μόνα τους να μετατραπούν σε ζιζάνια. Η πιθανότητα να μετατραπεί ένα διαγονιδιακό φυτό σε ζιζάνιο θεωρείται από ορισμένους οικολόγους εξίσου δυνατή με την πιθανότητα να μετατραπεί σε ζιζάνιο ένα μη ιθαγενές φυτό. Και τα δύο είναι καινούριοι οργανισμοί που εισάγονται για πρώτη φορά σ’ ένα οικοσύστημα. Τα διαγονιδιακά φυτά που εισάγονται σ’ ένα περιβάλλον πιθανώς έχουν ελαφρώς μεγαλύτερες δυνατότητες προσαρμογής σε

σχέση με τα παραδοσιακά ή ιθαγενή φυτά, για το λόγω ότι πολλά από τα ανασυνδυασμένα γονίδια που εισάγονται στα γονιδιώματα τους προσφέρουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα. Η ανεκτικότητα στα παρασιτοκτόνα και η ανθεκτικότητα στα βλαβερά έντομα και στους ιούς είναι μεταξύ εκείνων των διαγονιδιακών γνωρισμάτων που πιθανώς προσφέρουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, κάνοντας τις διαγονιδιακές καλλιέργειες δυνητικά φοβερούς εισβολείς σε διάφορα περιβάλλοντα. Για παράδειγμα, μια διαγονιδιακή καλλιέργεια που περιέχει καινούρια γονίδια τα οποία επισπεύδουν την ανάπτυξη του σπορίου στις ψυχρές θερμοκρασίες της άνοιξης μπορεί να μετατραπεί σε ένα είδος ζιζανίων στην επόμενη εποχή ανάπτυξης, δημιουργώντας προβλήματα στις άλλες καλλιέργειες που αναπτύσσονται στη συνέχεια στον ίδιο αγρό. Μια διαγονιδιακή καλλιέργεια που έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε να είναι ανθεκτικά τα φυτά σε ψυχρότερες συνθήκες θερμοκρασίας θα μπορούσε να μεταναστεύσει στο βορρά, να εισβάλει και να αποικίσει νέα φυσικά περιβάλλοντα, παραγκωνίζοντας τα υπάρχοντα φυτικά είδη και μεταβάλλοντας την οικολογική δυναμική της νέας της κατοικίας (*Jeremy Rifkin, 1998*).

3.4 Επιπτώσεις από τη δημιουργία γενετικά τροποποιημένων φυτών ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα.

Με τα γενετικά τροποποιημένα φυτά γίνεται δυνατή η αξιοποίηση ήδη γνωστών ζιζανιοκτόνων σε καλλιέργειες που λόγω έλλειψης φυσικής ανθεκτικότητας ήταν πρίν αδύνατη η χρήση τους. Οι δυνατότητες που προσφέρει σήμερα η γενετική μηχανική στο ζιζανιολογικό τομέα αποτελούν ουσιαστικά ένα πρωτοποριακό συμπλήρωμα της χημικής καταπολέμησης που δίνει ταχύτερα, οικονομικότερα και πιο προβλέψιμα αποτελέσματα απ' ότι η κλασική μέθοδος νέων ζιζανιοκτόνων.

Τα οφέλη για τον καλλιεργητή, από τη χρήση γενετικά τροποποιημένων φυτών με ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα, μπορεί να είναι αύξηση της απόδοσης λόγω αποτελεσματικότερης καταπολέμησης των ζιζανίων ή και μείωση του κόστους παραγωγής αν το νέο σύστημα καταπολέμησης είναι οικονομικότερο. Αυτό εξαρτάται κυρίως απ' την καλλιέργεια και ιδιαίτερα από το πόσο επαρκή και οικονομικά είναι τα ήδη διαθέσιμα για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια μέσα καταπολέμησης.

Πέρα από αυτά με την ενσωμάτωση ανθεκτικότητας σε μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα ευρέως φάσματος επιτυγχάνονται και άλλα σημαντικά οφέλη όπως:

1. Γίνεται δυνατή η αντιμετώπιση του συνόλου των ζιζανίων με ένα απλούστερο πρόγραμμα ζιζανιοκτονίας. Δεν υπάρχει συνήθως ανάγκη χρήσης προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων (αστάθεια

αποτελεσματικότητας) ούτε πολύπλοκων συδυασμών ζιζανιοκτόνων (ανάλογα με την χλωρίδα των ζιζανίων).

2. Ο καλλιεργητής αποκτά μεγάλη ευελιξία στο χρόνο εφαρμογής. Η ανθεκτικότητα της καλλιέργειας στο ζιζανιοκτόνο είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητη από το στάδιο της ανάπτυξής της. Επομένως ο καλλιεργητής έχει την ευχέρεια να περιμένει και να κάνει την εφαρμογή όταν θα φυτρώσουν αρκετά ζιζάνια κατά την κρίσιμη περίοδο του ανταγωνισμού. Μάλιστα, αφού η εφαρμογή γίνεται σε φυτρωμένα ζιζάνια, μπορεί να προσαρμόσει τη δόση του ζιζανιοκτόνου με κριτήριο την πυκνότητα, το μέγεθος και τα είδη των ζιζανίων.

Είναι φανερό ότι για να επωφεληθεί τα μέγιστα από τα δύο αυτά πλεονεκτήματα ο καλλιεργητής θα χρειαστεί καλύτερη οργάνωση και εκπαίδευση.

Αξίζει βέβαια να αναφερθεί ότι με τα γενετικά τροποποιημένα φυτά που έχουν ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα, αναμένονται σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη:

1. Οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες ζιζανιοκτόνων ανά στρέμμα αναμένονται να μειωθούν και τα πρώτα στοιχεία από τον Καναδά και τις ΗΠΑ το επιβεβαιώνουν.
2. Ορισμένα ζιζανιοκτόνα που έχουν δυσμενείς τοξικολογικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις θα μπορούν να αντικατασταθούν με άλλα πιο ήπιων επιδράσεων. Τα διαθέσιμα σήμερα γενετικά τροποποιημένα φυτά πράγματι προωθούν τη χρήση των ασφαλέστερων ζιζανιοκτόνων (Κ. Ν. Γιαννοπολίτης, 1999).

Τα γνωστά ζιζανιοκτόνα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα “ασφαλή” που δρουν σε μικρές δόσεις, είναι βιοδιασπώμενα, δεν είναι τοξικά για τους ζωϊκούς οργανισμούς και δεν μολύνουν το περιβάλλον (π.χ. το glyphosate και το phosphinotricin) και τα “μη ασφαλή” που έχουν τα αντίθετα χαρακτηριστικά. Η δημιουργία των γενετικά τροποποιημένων φυτών με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα αποσκοπεί στην ασφαλή χρήση μη εκλεκτικών ή εκλεκτικών (σε άλλες καλλιέργειες) αλλά ευρέως φάσματος δράσης και φιλικών στο περιβάλλον ζιζανιοκτόνων. Τα φυτά αυτά αυξάνουν τις επιλογές χημικής αντιμετώπισης των ζιζανίων, ενώ τα ζιζανιοκτόνα στα οποία αναπτύχθηκε η ανθεκτικότητα τους μπορούν να συμβάλλουν:

- ✓ Στην αντικατάσταση άλλων ζιζανιοκτόνων που έχουν δυσμενείς επιδράσεις στο περιβάλλον
- ✓ Στην αντιμετώπιση βιοτύπων ζιζανίων ανθεκτικών σε άλλα ζιζανιοκτόνα
- ✓ Στην αντιμετώπιση δυσεξόντωτων ζιζανίων στις γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες. (Η. Γ. Ελευθεροχωρινός, 1998)

Η ανοχή στα ζιζανιοκτόνα είναι ένας όρος που αναφέρεται στην ικανότητα των φυτών να αντέχουν στην χρήση ορισμένων χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ζιζανίων. Η ιδιότητα αυτή παρέχει πολλά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας για τους καλλιεργητές να επιλέξουν τη χρήση ζιζανιοκτόνων με περισσότερο ευνοϊκά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά, καθώς και να ελαττώσουν τη συνολική ανάγκη για χρήση ζιζανιοκτόνων καθώς και άλλων γεωργικών εισροών.

Για παράδειγμα, με τη βοήθεια της βιοτεχνολογίας, αρκετές καλλιέργειες έχουν αποκτήσει ανοχή στο ζιζανιοκτόνο Roundup. Τα φυτά αυτά παράγουν μια πρωτεΐνη η οποία μοιάζει πολύ με εκείνη την οποία αδρανοποιεί το ζιζανιοκτόνο Roundup, αλλά αρκετά διαφορετική από αυτή ώστε να μην προκαλεί ανασχεση στις ζωτικές διαδικασίες του φυτού. Ως αποτέλεσμα, σ' αυτές τις καλλιέργειες, που ονομάζονται Roundup Ready, οι καλλιεργητές δε χρειάζεται να χρησιμοποιούν πολλά ζιζανιοκτόνα για τον έλεγχο των ζιζανίων. Αντίθετα, μπορούν να χρησιμοποιούν μόνο το Roundup. Μπορούν να αποφύγουν έτσι τη χρήση ορισμένων πρωφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων, τα οποία χρησιμοποιούνται προληπτικά κατά των ζιζανίων που ενδέχεται να εμφανιστούν στο μέλλον. Το όλο σύστημα είναι πιο ευέλικτο επειδή ο αγρότης μπορεί να εφαρμόσει το ζιζανιοκτόνο μόνο ανάλογα με τις ανάγκες του και ευρύτερα χρονικά περιθώρια εφαρμογής. Συμπερασματικά, απλοποιείται ο έλεγχος των ζιζανίων.

Οι καλλιέργειες τύπου Roundup Ready προσφέρουν και άλλα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα. Επειδή το Roundup δεν παραμένει στο έδαφος, η αμειψισπορά, η οποία είναι ωφέλιμη και επιδιωκόμενη γεωργική πρακτική, καθίσταται περισσότερο ευέλικτη μετά από χρήση Roundup. Σε πολλές περιπτώσεις, χρειάζεται μόνο μία εφαρμογή του, και οι λιγότερες διαδρομές μέσα στο χωράφι για την εφαρμογή του σημαίνουν μικρότερη συμπίεση του εδάφους. Η δυνατότητα χρήσης του Roundup καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο είναι συμβατή με όλες τις γεωργικές πρακτικές, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων διατήρησης (κατευθείαν σπορά χωρίς καλλιέργεια του εδάφους) οι οποίες βοηθούν στην πρόληψη της διάβρωσης του εδάφους. Το Roundup επίσης αντιμετωπίζει αποτελεσματικά το πρόβλημα της παρουσίας μεγάλου αριθμού ζιζανίων, ενός παράγοντα που πιθανόν να αποτρέπει κάποιους καλλιεργητές να υιοθετούν συστήματα διατήρησης.

Δύο καλλιέργειες τύπου Roundup Ready διατέθηκαν στην αγορά το 1996, η σόγια και η canola (ελαιοκράμβη ανοιξιάτικης σποράς). Η παραγωγή σόγιας η οποία προήλθε από καλλιέργεια φυτών σόγιας τύπου Roundup Ready ανήλθε στο 1 έως 2% της συνολικής παραγωγής σόγιας των ΗΠΑ το 1996. Η αντίστοιχη παραγωγή του 1997 ήταν πάνω από το 10% της συνολικής παραγωγής σόγιας. Σε χωράφια που σπάρθηκαν με

σόγια τύπου Roundup Ready χρησιμοποιήθηκαν από 9 έως 39% λιγότερα ζιζανιοκτόνα απ' ό τι σε χωράφια που σπάρθηκαν με τις κλασικές ποικιλίες σόγιας. Οι τρεις απ' τους τέσσερις γεωργούς χρησιμοποίησαν Roundup μόνο μία φορά για έλεγχο των ζιζανίων, και το 24% το χρησιμοποίησαν δύο φορές. Παρομοίως, 80% των αγροτών που έσπειραν ελαιοκράμβη τύπου Roundup Ready, χρησιμοποίησαν το Roundup μόνο μία φορά. Οι καλλιεργητές τόσο σόγιας όσο και ελαιοκράμβης παρατήρησαν βελτίωση στην παραγωγή κυρίως λόγω του αποτελεσματικότερου ελέγχου των ζιζανίων (*Monsanto Ελλάς ΕΠΕ, 1997*).

Από τους διάφορους πιθανούς κινδύνους που παρουσιάζονται σε σχέση με τα γενετικά τροποποιημένα φυτά με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα θα πρέπει να προσεχθούν οι παρακάτω:

1. Με τα φυτά αυτά, δεν αποφεύγουμε τη χρήση ζιζανιοκτόνων και τους κινδύνους υπολειμμάτων και ρύπανσης του περιβάλλοντος που αυτή συνεπάγεται. Προς το παρόν είναι αδύνατη η αποφυγή των ζιζανιοκτόνων χωρίς σοβαρή μείωση των αποδόσεων ή αύξηση του κόστους παραγωγής. Το γεγονός όμως ότι τα γενετικά τροποποιημένα φυτά μπορούν να βοηθήσουν στην προτίμηση των ασφαλεστέρων ζιζανιοκτόνων αποτελεί μια σημαντική εξέλιξη που πρέπει να αξιοποιηθεί. Βέβαια σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να επιτραπεί η ανάπτυξη και χρήση γενετικά τροποποιημένων φυτών που προωθούν τοξικότερα ζιζανιοκτόνα. Επίσης θα πρέπει να γίνουν προσπάθειες ώστε οι δυνατότητες της γενετικής μηχανικής να αξιοποιηθούν και με άλλες μη χημικές μεθόδους αντιμετώπισης των ζιζανίων.
2. Με τα φυτά αυτά οδηγούμαστε στην επαναλαμβανόμενη χρήση λίγων ζιζανιοκτόνων (της ενσωματωμένης ανθεκτικότητας), σε μεγάλες εκτάσεις, γεγονός που θα οξύνει πολύ το πρόβλημα της ανθεκτικότητας των ζιζανίων. Λόγω της αυξημένης πίεσης επιλογής – μετά την επέκταση των γενετικά τροποποιημένων φυτών σε μεγάλες εκτάσεις – πρέπει πράγματι να θεωρείται αναμενόμενη η επικράτηση στις περιοχές καλλιέργειας τόσο ορισμένων ανθεκτικών ειδών ζιζανίων όσο και ανθεκτικών πληθυσμών ορισμένων ευαίσθητων ζιζανίων. Το πρόβλημα αυτό το οποίο υπάρχει και σήμερα, θα ενταθεί με τη διάδοση των γενετικά τροποποιημένων φυτών και ανάλογα με το ζιζανιοκτόνο θα μειώσει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου σε λιγότερα ή περισσότερα χρόνια. Είναι απαραίτητο επομένως η διάδοση των γενετικά τροποποιημένων φυτών να συνδυαστεί με βασικά μέτρα διαχείρισης της ανθεκτικότητας στα ζιζάνια. Η εναλλαγή ζιζανιοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης θα πρέπει να επιδιώκεται ακόμα και στα γενετικά τροποποιημένα φυτά. Επίσης, θα πρέπει να αποφεύγεται η ενσωμάτωση στα καλλιεργούμενα φυτά ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα στα οποία είναι γνωστό ότι τα ζιζάνια αναπτύσσουν εύκολα ανθεκτικότητα (*K. N. Γιαννοπολίτης, 1999*).

Η δραστηριότητα αυτή προωθείται με ιδιαίτερο ενδιαφέρον από τις εταιρείες αγροχημικών που επιδιώκουν να επεκτείνουν την αγορά για τα προϊόντα τους. Με την ανάπτυξη φυτών ανθεκτικών σε ζιζανιοκτόνα οι μεγάλες εταιρείες θα πουλούν στους αγρότες τόσο το διαγονιδιακό φυτό όσο και το ζιζανιοκτόνο στο οποίο είναι ανθεκτικό. Τα φυτά με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα είναι τα ίδια εξαρτημένα από αυτά, αναγκάζοντας έτσι τους αγρότες να χρησιμοποιούν ζιζανιοκτόνα τα οποία μολύνουν συχνά το νερό του εδάφους και μπορούν να προκαλέσουν ποικίλους τύπους οικολογικής καταστροφής. Η αλήθεια ότι αυτά τα φυτά καλλιεργούνται σε μεγάλες εκτάσεις δεν εκπλήσσει καθόλου, αλλά δείχνει ότι οι εταιρίες που έχουν αναπτύξει αυτά τα φυτά, όπως η Monsanto, η Novartis και η DuPont, είναι οι μεγαλύτεροι προμηθευτές ζιζανιοκτόνων. Αυτές οι ίδιες εταιρίες έχουν επίσης αγοράσει αναρρυθμητες εταιρίες σπόρων και έτσι παράγουν διαγονιδιακούς σπόρους που εξαρτώνται από τα ζιζανιοκτόνα των μητρικών εταιριών (*Dr. Michael Hanson and Jean Halloran, 1999*).

Για παράδειγμα σε πολλά ερευνητικά κτήματα της Ευρώπης και των ΗΠΑ φύονται πατάτες που έχουν τροποποιηθεί για να είναι ανθεκτικές σε ορισμένα ζιζανιοκτόνα. Η πολυεθνική εταιρία των ΗΠΑ Monsanto, παρασκεύασε πατάτες που είναι εθισμένες στο ζιζανιοκτόνο της ίδιας εταιρείας, το Roundap. Η εταιρεία HOECHST πέτυχε την παραγωγή πατάτας που δεν την επηρεάζει το ζιζανιοκτόνο της, Basta. Έτσι εδραιώνεται η εξάρτηση από μία εταιρεία. Οι αγρότες και οι αγρότισσες που χρησιμοποιούν ένα συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο θα πρέπει στο μέλλον να αγοράζουν τους σπόρους από την ίδια εταιρεία, μια και είναι προσαρμοσμένοι μέσω της γενετικής μηχανικής στο ζιζανιοκτόνο αυτό. Οι σύγχρονες βιοτεχνολογικές μέθοδοι δίνουν τη δυνατότητα συνένωσης της βιομηχανίας των αγροχημικών και των σπόρων (*Florianne Koechlin, 1995*). Σήμερα κυκλοφορούν στην αγορά διάφορων χωρών, και καλλιεργούνται σε μεγάλες εκτάσεις, διαγονιδιακά φυτά μεγάλης καλλιέργειας (αραβόσιτος, σακχαρότευτλα, καπνός, σόγια κ.ά.) με ανθεκτικότητα σε κάποιο ζιζανιοκτόνο όπως το Roundup (glyphosate, Monsanto), το Basta (phosphinotricin, εταιρία Hoechst) και το Glean (sulfonylurea, εταιρία Dupont).

Στις καλλιέργειες διαγονιδιακών φυτών ο έλεγχος των ζιζανίων επιτυγχάνεται με ψεκασμό με το ζιζανιοκτόνο χωρίς να επηρεάζεται η καλλιέργεια. Η ελευθέρωση τέτοιων οργανισμών στο περιβάλλον προκαλεί αρκετές συζητήσεις και ανησυχίες για τον κίνδυνο δημιουργίας νέων ζιζανίων με τη μεταφορά των υπεύθυνων γονιδίων σε φυσικούς πληθυσμούς ή την πιθανότητα τα διαγονιδιακά φυτά να γίνουν τα ίδια ζιζάνια. Η τεχνολογία των ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα φυτών κατηγορείται επίσης ότι ενισχύει την ευρύτερη χρησιμοποίηση χημικών ζιζανιοκτόνων στη γεωργία (*K. A. Λουλακάκης, 1999*).

Παρ' όλα αυτά οι επιστήμονες προειδοποιούν ότι, εάν φυτευθούν οι νέες ποικιλίες που είναι ανεκτικές στα ζιζανιοκτόνα οι αγρότες πιθανώς θα χρησιμοποιούν ακόμη μεγαλύτερες ποσότητες αυτών των φαρμάκων για να ελέγξουν τα ζιζάνια, εφόσον θα υπάρχει μικρότερος φόβος να καταστραφούν οι καλλιέργειές τους κατά τη διαδικασία του ψεκασμού. Οι διακηρύξεις των εταιρειών ότι η αυξημένη χρήση φυτών ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα θα οδηγήσει σε μικρότερη και όχι σε μεγαλύτερη χρήση των ζιζανιοκτόνων τους ηχούν κούφιος στους οικολόγους, οι οποίοι υποπτεύονται ότι οι χημικές εταιρείες δεν θα ξόδευαν τόσα χρήματα στην έρευνα και στην ανάπτυξη, για να δημιουργήσουν διαγονιδιακά φυτά με στόχο να πουλάνε μικρότερες ποσότητες ζιζανιοκτόνων.

Η πιθανότητα να χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες ποσότητες ζιζανιοκτόνων δημιουργεί τη δυνατότητα να αναπτύξουν τα ζιζάνια αντιστάσεις, εξαναγκάζοντας σε ακόμη μεγαλύτερη χρήση ζιζανιοκτόνων, προκειμένου να τεθούν υπό έλεγχο οι πιο ανθεκτικές γενιές ζιζανίων. Σε μία πρόσφατη μελέτη, ερευνητές του πανεπιστημίου Τσαρλς Σταρτ, στην Νέα Νότια Ουαλία, ανακάλυψαν ότι η ήρα, ένα πολύ διαδεδομένο ζιζάνιο στην Αυστραλία, ανέπτυξε πολύ μεγάλες αντιστάσεις στο Roundup της Monsanto και μπορεί να ανεχτεί σχεδόν πέντε φορές τη συνιστώμενη δόση πριν καταστραφεί. Ανήσυχη εξαιτίας της αυξανόμενης αντοχής του ζιζανίου η Monsanto έκανε αίτηση στις ρυθμιστικές αρχές μιας σειράς χωρών, ζητώντας μια αύξηση στο όριο του ιζήματος για το Roundup από 6 σε 20 χιλιογραμμάρια ανά κιλό ξηρού φορτίου. Οι δυνητικές δηλητηριώδεις επιπτώσεις στη γονιμότητα του εδάφους, στην ποιότητα του νερού και στα χρήσιμα έντομα, που θα προκύψουν από την αυξημένη χρήση των δηλητηριωδών ζιζανιοκτόνων, όπως το Roundup της Monsanto, αποτελούν μια ανησυχητική υπόμνηση της κλιμάκωσης του περιβαλλοντικού κόστους που πιθανώς θα συνοδεύει την εισαγωγή των καλλιεργειών που είναι ανεκτικές στα ζιζανιοκτόνα (*Jeremy Rifkin, 1998*).

Η Greenpeace αναφέρει ότι τα τοξικά παραπροϊόντα σκοτώνουν την ωφέλιμη ζωή του εδάφους και το στηρίζει στην ακόλουθη παρατήρηση. Ένα βακτήριο τροποποιήθηκε για να αποικοδομεί το 2,4-D, ένα ζιζανιοκτόνο δύσκολα διασπώμενο, σε μολυσμένο έδαφος και έγινε αυτό. Ένα όμως από τα παραπροϊόντα της αποικοδόμησης, το 2,4-DCP, κατά την παραμονή του στο έδαφος τόσο σε μεγάλες όσο και σε μικρές συγκεντρώσεις μετατράπηκε σε τοξικό παραπροϊόν για του μύκητες του εδάφους. Οι μύκητες εξολοθρεύτηκαν μέσα σε δέκα μέρες με τη χρήση μιας φοράς μόνο του ζιζανιοκτόνου. Αυτό το φαινόμενο δεν εμφανίστηκε στις μη γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες κι' ούτε στα εδάφη που περιείχαν υψηλές συγκεντρώσεις του κανονικού ζιζανιοκτόνου. Οι μύκητες του εδάφους είναι σημαντικοί για την διατήρηση της

γονιμότητας του εδάφους και μπορούν να προστατέψουν τα φυτά απ' τις ασθένειες. Η σταδιακή αύξηση του 2,4-DCP και η εξαφάνιση των μυκήτων ήταν τελείως απρόσμενη.

3.5 Επιπτώσεις από τη δημιουργία γενετικά τροποποιημένων φυτών ανθεκτικών στα εντομοκτόνα.

Είναι προφανές ότι η χρήση γενετικά τροποποιημένων φυτών με ανθεκτικότητα σε συγκεκριμένο έντομο καταργεί την ανάγκη διενέργειας εντομοκτόνων ψεκασμών εναντίον του εντόμου και αυτό μπορεί να συνεπάγεται οφέλη οικονομικά και περιβαλλοντικά. Το αν υπάρχουν όμως οφέλη και πόσο σημαντικά είναι αυτά εξαρτάται από την καλλιέργεια, το έντομο και την περιοχή. Σε μια περιοχή που η καλλιέργεια προσβάλλεται κάθε χρόνο από το συγκεκριμένο έντομο και απαιτούνται αρκετοί ψεκασμοί για την προστασία της, η χρήση γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών με ανθεκτικότητα στο έντομο αυτό οδηγεί πράγματι σε σημαντικά οφέλη. Αντίθετα, σε μια περιοχή που η καλλιέργεια σπάνια υποφέρει από το συγκεκριμένο έντομο, η χρήση των γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών είναι μάλλον άσκοπη.

Για να εκτιμηθούν τα πιθανά οφέλη και η σκοπιμότητα ή μη χρήσης αυτών των γενετικά τροποποιημένων φυτών σε μια περιοχή, είναι επομένως απαραίτητο να ληφθούν υπόψη δεδομένα για τη σοβαρότητα των διαφόρων εχθρών και των ζημιών που αυτοί προκαλούν στη συγκεκριμένη περιοχή. Ειδικά για τα γενετικά τροποποιημένα φυτά με ανθεκτικότητα σε λεπιδόπτερα είναι απαραίτητο να συνεκτιμηθεί και η αποτελεσματικότητα των γενετικά τροποποιημένων φυτών στα διάφορα λεπιδόπτερα. Όπως αναφέρθηκε ήδη, τα διαθέσιμα σήμερα γενετικά τροποποιημένα φυτά της κατηγορίας αυτής παράγουν μια συγκεκριμένη ενδοτοξίνη και έχουν άριστη αποτελεσματικότητα συνήθως σε ένα είδος λεπιδοπτέρου (ανάλογα με την καλλιέργεια). Τα είδη λεπιδοπτέρων που κάνουν ζημιές όμως διαφέρουν συχνά από περιοχή σε περιοχή και ανάλογα θα διαφέρει και η αποτελεσματικότητα των γενετικά τροποποιημένων φυτών (Κ. Ν. Γιαννοπολίτης, 1999).

Ωστόσο, η ύπαρξη της πρωτεΐνης αυτής μέσα στα κύτταρα των φυτών έχει ως αποτέλεσμα να έχει μειωθεί, και σε πολλές περιπτώσεις να εξαλειφθεί, η ανάγκη για διενέργεια ψεκασμών με χημικά εντομοκτόνα για τον έλεγχο των εντόμων στα καλλιεργούμενα φυτά. Επιπλέον, διασώζονται και πολλαπλασιάζονται τα ωφέλιμα έντομα, τα οποία διαφορετικά με την χρήση εντομοκτόνων ευρέως φάσματος καταστρέφονται. Τα ωφέλιμα έντομα στη συνέχεια ελέγχουν άλλα επιβλαβή έντομα τα οποία προσβάλλουν τις καλλιέργειες ή μεταφέρουν ασθένειες. Όμως, η υπεύθυνη χρήση αυτού του μέσου απαιτεί την

εφαρμογή σχεδίων διαχείρισης της ανθεκτικότητας των εντόμων για τη διατήρηση της αποτελεσματικότητας της πρωτεΐνης B.t. για μεγάλο χρονικό διάστημα .

Δύο καλλιέργειες με ενσωματωμένη προστασία έναντι ορισμένων εντόμων εισήχθησαν το 1996 στην αγορά ως αποτέλεσμα της τεχνολογίας που αναπτύχθηκε από την Monsanto. Το βαμβάκι Bollgard το οποίο τροποποιήθηκε για να ελέγχει κάμπιες λεπιδόπτερων, στις οποίες περιλαμβάνεται το πράσινο και ρόδινο σκουλήκι. Σε περίπου 7 εκατομμύρια στρέμματα, ή στο 13% της καλλιέργειας βαμβακιού των Ηνωμένων Πολιτειών για το 1996, καλλιεργήθηκαν ποικιλίες βαμβακιού τύπου Bollgard. Παρ'όλο που η προσβολή από ρόδινο ήταν ασυνήθιστα υψηλή στις βαμβακοφυτείες των Ηνωμένων Πολιτειών το 1996, το 60% των καλλιεργητών που έσπειραν βαμβάκι τύπου Bollgard δεν χρειάστηκε να χρησιμοποιήσουν άλλα εντομοκτόνα, ενώ οι περισσότεροι από τους υπόλοιπους χρησιμοποίησαν εντομοκτόνα μόνο μία φορά για τον έλεγχο συγκεκριμένων επιβλαβών εντόμων. Τα χωράφια στα οποία καλλιεργήθηκαν παραδοσιακές ποικιλίες βαμβακιού (όχι τύπου Bollgard) αντίθετα, ψεκάστηκαν κατά μέσο όρο τέσσερις με έξι φορές. Συνολικά, σύμφωνα με εκτιμήσεις, οι βαμβακοκαλλιεργητές απέφυγαν τη χρήση ενός εκατομμυρίου λίτρων εντομοκτόνων λόγω της εισαγωγής στη καλλιέργεια του βαμβακιού τύπου Bollgard. Οι καλλιεργητές είχαν επίσης καλύτερη παραγωγή λόγω του αποτελεσματικού ελέγχου των εντόμων.

Η δεύτερη καλλιέργεια με το χαρακτηριστικό της αυτοάμυνας ενάντια στα έντομα, ήταν οι πατάτες τύπου New Leaf, οι οποίες προστατεύονται από το δορυφόρο της πατάτας. Οι αγρότες που φύτεψαν πατάτες τύπου New Leaf ανέφεραν ότι δεν έκαναν κανένα ψεκασμό από τους ένα έως πέντε ψεκασμούς με εντομοκτόνα που συνήθως γίνονταν για τον έλεγχο του επιβλαβούς αυτού εντόμου. Οι καλλιεργητές αυτοί μπόρεσαν να ελαττώσουν τη συνολική χρήση εντομοκτόνων κατά 33% έως 42% στα χωράφια όπου είχαν φυτέψει πατάτες τύπου New Leaf σε σύγκριση με εκείνα όπου είχαν φυτέψει τις παλιές τους ποικιλίες πατάτας (*Monsanto Ελλάς ΕΠΕ, 1997*).

Υπάρχουν ακόμη ορισμένοι πιθανοί κίνδυνοι με την επέκταση της χρήσης των γενετικά τροποποιημένων φυτών και οι κίνδυνοι αυτοί κάνουν ακόμα πιο αμφίβολη τη σκοπιμότητα χρήσης των φυτών αυτών. Δεν είναι λίγοι αυτοί που υποστηρίζουν ότι είναι τουλάχιστον προς το παρόν πρόωρη κάθε προσπάθεια διάδοσης τους. Ο σοβαρότερος κίνδυνος είναι ότι με την επέκταση της καλλιέργειας των φυτών αυτών σε μια περιοχή είναι πολύ πιθανόν μετά από ορισμένο χρόνο να επικρατήσουν στην περιοχή ανθεκτικοί πληθυσμοί των εντόμων οπότε τα φυτά θα χάσουν την αποτελεσματικότητά τους. Είναι το γνωστό πρόβλημα της ανάπτυξης ανθεκτικότητας των εντόμων στα εντομοκτόνα, το οποίο στην

προκειμένη περίπτωση μπορεί να επιταχυνθεί λόγω ορισμένων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των διαθέσιμων σήμερα Bt-φυτών:

- ❖ Τα Bt-φυτά παράγουν συνέχεια την αντίστοιχη ενδοτοξίνη και επομένως ασκούν στα έντομα πολύ μεγαλύτερη πίεση επιλογής απ'ότι οι ψεκάσμοι με εντομοκτόνα σκευάσματα του Bt.
- ❖ Τα Bt-φυτά επιπλέον ασκούν την εντομοκτόνο δράση τους με μια μόνο ενδοτοξίνη, σε αντίθεση με τα Bt-σκευάσματα που ασκούν αυτή τη δράση με ένα μείγμα διαφόρων ενδοτοξινών που έχουν συνήθως και ευρύτερο φάσμα δράσης σε παρόμοια έντομα (λεπιδόπτερα).
- ❖ Έχει παρατηρηθεί επίσης ότι με την έναρξη γήρανσης των φυτών κατά την ωρίμανση των καρπών, μειώνεται η ικανότητα των Bt-φυτών να παράγουν την ενδοτοξίνη. Περισσότερα έντομα επιζούν επομένως κατά την περίοδο αυτή και εφόσον δεν καταπολεμηθούν με άλλο τρόπο θα οδηγήσουν σταδιακά στη δημιουργία ανθεκτικού πληθυσμού.

Είναι προφανές ότι η δημιουργία ανθεκτικών πληθυσμών εντόμων με την επέκταση της καλλιέργειας των Bt-φυτών θα επιφέρει σοβαρή μείωση της αποτελεσματικότητας και των Bt-σκευασμάτων. Κάτι τέτοιο θα πλήξει ιδιαίτερα τους βιοκαλλιεργητές οι οποίοι σήμερα βασίζονται κυρίως σ' αυτά τα σκευάσματα (βιολογικά εντομοκτόνα) για την αντιμετώπιση ορισμένων σοβαρών εντομολογικών προβλημάτων τους (Κ. Γιαννοπολίτης, 1999).

3.6 Επιπτώσεις από την αξιοποίηση γονιδίων απομακρυσμένων συγγενικά ειδών

Οι χημικές και οι αγροχημικές εταιρείες εισάγουν μια νέα γενιά διαγονιδιακών σπόρων στη γεωργία, ελπίζοντας ότι θα πραγματοποιηθεί μια ολοκληρωτική μετατόπιση προς τη νέα επανάσταση της γενετικής. Οι βιοτεχνολογικές καλλιέργειες περιέχουν νέα γενετικά γνωρίσματα, παρμένα από άλλα φυτά, από ιούς, βακτήρια και ζώα, και σχεδιάζονται να αποδίδουν με τρόπους που ποτέ δεν είχαν επιτευχθεί από τους επιστήμονες που εργάζονταν με τις κλασικές τεχνικές διασταύρωσης. Πολλές από τις νέες ποικιλίες που στηρίζονται στη «συρραφή» των γονιδίων και προέρχονται κατευθείαν από τα επιστημονικά εργαστήρια μοιάζουν πιο πολύ με δημιουργήματα του κόσμου της επιστημονικής φαντασίας. Οι επιστήμονες έχουν εισαγάγει γονίδια από κοτόπουλα στις πατάτες για να αυξηθεί η αντίσταση τους στις ασθένειες. Γονίδια από πυγολαμπίδες έχουν εισαχθεί στο γενετικό κώδικα καλαμποκιού για να λειτουργήσουν ως γενετικοί δείκτες. Γονίδια κινέζικων χάμστερ έχουν εισαχθεί στο γονιδίωμα φυτών καπνού για να αυξηθεί η παραγωγή στερόλης.

Οι οικολόγοι δεν γνωρίζουν με βεβαιότητα τις επιπτώσεις της παράκαμψης των ορίων των φυσικών ειδών, με την εισαγωγή σε καλλιεργούμενα φυτά γονιδίων από εντελώς άσχετα με αυτά φυτικά και ζωικά είδη. Το γεγονός είναι ότι δεν υπάρχει στην ιστορία κανένα παρόμοιο προηγούμενο αυτού του είδους του τυφλού πειραματισμού. Για περισσότερα από δέκα χιλιάδες χρόνια, οι κλασικές τεχνικές βελτίωσης των αποδόσεων περιορίζονταν στη μεταφορά γονιδίων μεταξύ στενά σχετιζόμενων φυτών που μπορούν να διασταυρωθούν μέσω τη φυσικής φυλετικής οδού, μειώνοντας τον αριθμό των πιθανών γενετικών συνδυασμών. Η φυσική εξέλιξη φαίνεται να είναι κατά παρόμοιο τρόπο περιορισμένη. Συνεπώς δεν υπάρχει προηγούμενο για το τι θα μπορούσε να συμβεί ως αποτέλεσμα του παγκόσμιου πειράματος να επαναπροσδιορίσουμε τους θεμελιώδεις κανόνες της βιολογικής εξέλιξης, κατά τρόπο που να αρμόζει στις ανάγκες των δυνάμεων της αγοράς. Η εισαγωγή νέων γονιδίων στο γονιδίωμα των φυτών που παραδοσιακά χρησιμοποιούνται για διατροφή θα μπορούσε να δημιουργήσει νέα χαρακτηριστικά που είναι απρόβλεπτα και ανεξέλεγκτα. Πάντως η ουσία του ζητήματος είναι ότι αυτό δεν το γνωρίζουμε. Και αυτό είναι που κάνει την επέμβαση στον κόσμο της γεωργίας τόσο προβληματική.

Για παράδειγμα, αν αναλογιστούμε τα φιλόδοξα σχέδια να κατασκευαστούν διαγονιδιακά φυτά που θα λειτουργούν σαν φαρμακευτικά εργοστάσια για την παραγωγή χημικών προϊόντων και φαρμάκων, τότε υπάρχει περίπτωση τα ζώα που βοσκούν, τα πουλιά που τρώνε τους σπόρους και τα έντομα που ζουν μέσα στο έδαφος να εκτεθούν σ' ένα φάσμα γενετικά κατασκευασμένων φαρμάκων, εμβολίων βιομηχανικών ενζύμων και εκατοντάδων άλλων ξένων ουσιών για πρώτη φορά, με απερίγραπτες συνέπειες. Η ιδέα και μόνο ότι μεγάλοι αριθμοί ζωικών ειδών που καταναλώνουν φυτά και φυτικά κατάλοιπα τα οποία θα περιέχουν ένα ευρύ σύνολο χημικών ουσιών, στις οποίες κανονικά ουδέποτε θα εκθέτονταν, αποτελεί μια ανησυχητική προοπτική. Παρόλα αυτά ελάχιστη ανησυχία έχει εκφραστεί από τους μοριακούς βιολόγους και από τις χημικές και φαρμακευτικές εταιρείες που παραβιάζουν αυτά τα βιολογικά σύνορα (*Jeremy Rifkin, 1998*).

3.7 Οικολογικοί προβληματισμοί ως προς το σύστημα πρόβλεψης των κινδύνων

Με βάση το σκεπτικό ότι οι οικολογικοί κίνδυνοι εάν προκύψουν, θα είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης κάποιου συγκεκριμένου περιβάλλοντος και οικοσυστήματος με ένα συγκεκριμένο οργανισμό, οι δοκιμασίες αυτές καθώς διεξάγονται σε μεμονωμένες και μικρές

κλίμακας καλλιέργειες, πολύ λίγο προσφέρονται στο να εξαχθούν γενικότερα συμπεράσματα για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς.

Οι πειραματικές δοκιμές περιορίζονται σε μία ή δύο δοκιμές ανάπτυξης, και κατά συνέπεια είναι αδύνατον σε τόσο μικρό διάστημα να εντοπιστεί η ενδεχόμενη εμφάνιση ζιζανίων, εντόμων ή μικροοργανισμών με νέα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά (π.χ. ζιζάνια με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα, έντομα-μύκητες-ιοί περισσότερο επιβλαβείς στα καλλιεργούμενα φυτά).

Οι δοκιμές αυτές διεξάγονται συνήθως σε πολύ μικρότερη συγκριτικά έκταση (σε σχέση με τις πραγματικές καλλιέργειες) και κάτω από αυστηρές συνθήκες επιτήρησης για τυχόν διαφυγή σπόρων ή γύρεως στα γειτονικά φυτά, παραγνωρίζοντας ότι στις πραγματικές καλλιέργειες τέτοιες προφυλάξεις είναι ανέφικτες, πέρα από το γεγονός ότι πλημμύρες ή τυφώνες μπορούν να διασπείρουν σε πολύ απομακρυσμένες αποστάσεις απρόσκλητους και καινούριους επισκέπτες.

Όλες αυτές οι συνέπειες των γενετικά τροποποιημένων φυτών έχουν άμεση σχέση με την ισορροπία των διαφόρων παραμέτρων του οικοσυστήματος και καθιστούν επιτακτική την ανάγκη θέσπισης διεθνών πρωτοκόλλων βιοασφάλειας με τη διευρυμένη έννοια των κινδύνων στην υγεία, ώστε να μην εξακολουθήσει να υπάρχει το παράδοξο, που από τη μια μεριά τα επίσημα και εγκεκριμένα τεστ των δοκιμών να είναι ανεπαρκή για την εκτίμηση των συνολικών κινδύνων, ενώ από τη άλλη οι μόνες αξιόπιστες πληροφορίες να προκύπτουν από έρευνες που αποτιμούν εκ των υστέρων τις επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Δηλαδή, αξιόπιστη εκτίμηση κινδύνων μετά από τα διάφορα ατυχήματα που συμβαίνουν στον τομέα αυτό, επαληθεύοντας έτσι τη θέση ότι η οικολογική πρόβλεψη είναι μια έννοια ελάχιστα προβλέψιμη και περιγράψιμη (*Τάσος Κουράκης, 1999*).

Η γενετική μηχανική αποσυνδέει τα γενετικά χαρακτηριστικά από τους ίδιους τους οργανισμούς και το περιβάλλον και τα εισάγει σε άλλους οργανισμούς και σε διαφορετικές συνθήκες. Όλα αυτά γίνονται με πολύ γρήγορη ταχύτητα. Εκατοντάδες γενετικά τροποποιημένα είδη θα δημιουργηθούν αν η γενετική μηχανική κάνει προόδους. Το ερώτημα βέβαια είναι ποια θα είναι η κατάσταση σε πενήντα χρόνια όταν οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί θα είναι μαζικά και μόνιμα παρόντες. Οι συνέπειες είναι βασικά απρόβλεπτες. Ο βαθμός της περιπλοκότητας των αλληλεπιδράσεων είναι υψηλός. Οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί παρεμβαίνουν με έναν πολύ πιο σύνθετο τρόπο στο οικοσύστημα απ' ό,τι για παράδειγμα τα φυτοφάρμακα. Σήμερα λοιπόν βλέπουμε ότι πολλά απρόβλεπτα αρνητικά αποτελέσματα έχουν εμφανιστεί και ότι βρισκόμαστε μπροστά σε ένα τεράστιο πρόβλημα (*IFOAM, 1995*).

3.8 Επιπτώσεις της γενετικής τροποποίησης στην ανθρώπινη υγεία

Η καθιέρωση των νέων γενετικά τροποποιημένων οργανισμών εγείρει έναν αριθμό σοβαρών θεμάτων που μπορούν ακόμη και να απειλήσουν την υγεία και τη ζωή των ανθρώπων (*Jeremy Rifkin, 1998*).

Τα πρώτα σοβαρά περιστατικά όπου εμφανίστηκαν επικίνδυνες παρενέργειες στην ανθρώπινη υγεία αφορούν τα αυξημένα περιστατικά αλλεργιών είτε από την εισαγωγή γονιδίων στα φυτά από γνωστή αλλεργιογόνο τροφή (π.χ. βραζιλιάνικα καρύδια) είτε από είδη (βακτήρια κ.ά.) που δεν καταναλώνει συνήθως ο άνθρωπος (*Θεοδοσιάδου Εύη, 2001*). Το 1996, το περιοδικό *The New England Journal of Medicine* δημοσίευσε μια μελέτη η οποία αποδείκνυε ότι η γενετικά παρασκευασμένη σόγια περιείχε ένα γονίδιο από βραζιλιάνικο καρύδι, που θα μπορούσε να προκαλέσει αλλεργική αντίδραση σε ανθρώπους που είναι αλλεργικοί στα καρύδια. Επιστήμονες του Πανεπιστημίου της Νεμπράσκας πήραν ορό από το αίμα εννέα ανθρώπων που είναι αλλεργικοί στα βραζιλιάνικα καρύδια και τον δοκίμασαν με εκχύλισμα γενετικά τροποποιημένης σόγιας που περιείχε το γονίδιο από το βραζιλιάνικο καρύδι και με εκχύλισμα από τη συνηθισμένη σόγια. Όλοι οι οροί αντέδρασαν στη σόγια που περιείχε το γονίδιο του βραζιλιάνικου καρυδιού και δεν αντέδρασαν στη μη τροποποιημένη σόγια. Το αποτέλεσμα του τεστ δεν ήταν ευπρόσδεκτο νέο για την Pioneer Hi-Bred International, μια εταιρία σπόρων της Αϊόβας που έλπιζε να διοχετεύσει στην αγορά τη γενετικά τροποποιημένη σόγια.

Στα ερχόμενα χρόνια, οι αγροχημικές και βιοτεχνολογικές εταιρείες σχεδιάζουν να εισαγάγουν εκατοντάδες ακόμη και χιλιάδες γονίδια σε συμβατές καλλιέργειες τροφίμων με τα οποία τρέφεται ο άνθρωπος, από βακτήρια, ιούς, μύκητες και μη βρώσιμα φυτά. Η προοπτική αυτή αυξάνει την πιθανότητα να προκληθούν νέα είδη αλλεργικών αντιδράσεων για τις οποίες λίγα είναι γνωστά και δεν υπάρχουν γνωστές θεραπείες. Μερικές από τις αλλεργίες θα μπορούσαν να αποδειχθούν σοβαρές ακόμη και απειλητικές για τη ζωή των ανθρώπων (*Jeremy Rifkin, 1998*).

Ένας ακόμη κίνδυνος από την κατανάλωση γενετικά τροποποιημένων προϊόντων είναι η εμφάνιση τοξικών φαινομένων σε ανθρώπους. Παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση του αμινοξέως τρυπτοφάνης που πουλιόταν σε ένα σύνολο χωρών, συμπεριλαμβανομένων και των Ηνωμένων Πολιτειών, ως διαιτητικό συμπλήρωμα. Στα τέλη του 1980, η Ιαπωνική εταιρία Showa Denko άρχισε να φτιάχνει την τρυπτοφάνη χρησιμοποιώντας γενετικά τροποποιημένα βακτήρια και την πουλούσε στις Ηνωμένες Πολιτείες. Σε μερικούς μήνες χιλιάδες άνθρωποι οι οποίοι είχαν πάρει το συμπλήρωμα υπέφεραν από το σύνδρομο της ηωσινοφιλικής μυαλγίας, το οποίο

περιλάμβανε νευρολογικά προβλήματα. Τελικά, τουλάχιστον 1500 άνθρωποι έμειναν μόνιμα ανάπηροι και 37 άνθρωποι πέθαναν (*Mayeno and Gleich, 1994*).

Όταν οι γιατροί αντιμετώπισαν αυτό το σύνδρομο, αντιλήφθηκαν ότι συνδεόταν με τους ασθενείς που έπερναν την τρυπτοφάνη της εταιρίας Showa Denko. Ωστόσο, πέρασαν μήνες μέχρι να αποσυρθεί από την αγορά (*Dr. Michael Hanson and Jean Halloran, 2001*).

Ακόμη η τρυπτοφάνη της εταιρίας Showa Denko βρέθηκε ότι περιείχε ένα τοξικό μόλυσμα, το οποίο φαίνεται ότι ήταν παραπροϊόν της αυξανόμενης παραγωγής τρυπτοφάνης από τα γενετικά τροποποιημένα βακτήρια (*Mayeno and Gleich, 1994*).

Εκτός όμως από τα τοξικά φαινόμενα που δημιούργησε η τρυπτοφάνη, υπάρχουν και άλλοι τρόποι με τους οποίους η χρησιμοποίηση της γενετικής μηχανικής μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση επικίνδυνων τοξινών στα προϊόντα. Για παράδειγμα, πολλά κοινά φυτικά προϊόντα, όπως οι τομάτες και οι πατάτες, παράγουν χημικά υψηλής τοξικότητας στα φύλλα. Κάθε υπεύθυνη εταιρεία η οποία ασχολείται με αυτά τα φυτά πρέπει να ελέγχει αν υπάρχουν αλλαγές στα επίπεδα τοξικότητας (*Dr. Michael Hanson and Jean Halloran, 2001*).

Άλλο ένα πρόβλημα που δημιουργείται στην ανθρώπινη υγεία αφορά τα αντιβιοτικά που μπορούν να παράγουν ενδογενώς εδώδιμοι οργανισμοί. Πολλοί γιατροί και η ίδια η Βρετανική Ιατρική Ένωση εκφράζουν την ανησυχία τους για την αύξηση της ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά, των ασθενειών που οφείλονται σε βακτήρια ή ιούς και τη συνδέουν με την αυξημένη παρουσία αντιβιοτικών σε γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς που υπάρχουν στην τροφή των ανθρώπων. Για να διαλέξουν τα κύτταρα στο γενετικό υλικό των οποίων επιτυχώς προσκολλήθηκαν νέα γονίδια, οι επιστήμονες κολλούν στα μεταφερόμενα γονίδια και ένα γονίδιο που προσδίδει ανθεκτικότητα σε κάποια αντιβιοτική ουσία. Έτσι, όταν διεξαχθεί η γονιδιακή μεταφορά, καλλιεργούν τα κύτταρα μέσα στο συγκεκριμένο αντιβιοτικό και όποια κύτταρα επιζήσουν έχουν αποδεδειγμένα πλέον αποκτήσει τα νέα γονίδια. Τα κύτταρα αυτά, όμως όταν αναπτυχθούν σε νέους οργανισμούς, θα παράγουν τρόφιμα που θα εξουδετερώνουν συγκεκριμένες αντιβιοτικές ουσίες. Οπότε, εάν σε κάποια πιθανή ασθένεια ενός καταναλωτή που τρώει τέτοια τρόφιμα ο γιατρός δώσει το συγκεκριμένο αντιβιοτικό, τότε αυτό δεν θα έχει καμία απολύτως θεραπευτική επίδραση (*Ανώνυμος, 2000*).

Παράδειγμα αποτελεί το γενετικά τροποποιημένο καλαμπόκι "Bt" της εταιρίας Novartis που περιέχει το γονίδιο ανθεκτικότητας στην αμπικιλίνη. Η αμπικιλίνη είναι ένα πολύτιμο αντιβιοτικό, που χρησιμοποιείται στη θεραπεία ποικίλων λοιμώξεων στους ανθρώπους και στα ζώα. Ένας αριθμός Ευρωπαϊκών χωρών, συμπεριλαμβανομένης και

της Αγγλίας, αρνήθηκαν να επιτρέψουν την ανάπτυξη του καλαμποκιού "Bt" της εταιρίας Novartis υποστηρίζοντας ότι το γονίδιο της ανθεκτικότητας στην αμπικιλίνη μπορεί να περάσει από το καλαμπόκι μέσω των βακτηρίων στην τροφική αλυσίδα, κάνοντας την αμπικιλίνη ένα λιγότερο αποτελεσματικό όπλο στις βακτηριακές λοιμώξεις (*Dr. Michael Hanson and Jean Halloran, 2001*).

Επίσης, ένας άλλος κίνδυνος για τον άνθρωπο είναι η δημιουργία νέων γενετικά τροποποιημένων ιών και παθογόνων οργανισμών. Άμεση σχέση έχει και το ζήτημα της πρόκλησης γονιδιακών μεταλλάξεων στους οργανισμούς που καταναλώνουν γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς. Ανεξάρτητη επιστημονική έρευνα στη Γερμανία, το 2002, απέδειξε ότι οι γενετικές τροποποιήσεις που προκαλούνται στους οργανισμούς που παράγουν τα σχετικά τρόφιμα περνούν μέσα από την τροφική αλυσίδα και μεταδίδονται σε όσους τις καταναλώνουν. Στα εντερικά βακτήρια μελισσών που έφαγαν γύρη από γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες βρέθηκαν τροποποιημένα γονίδια από τις συγκεκριμένες καλλιέργειες.

Αναφορικά με τη θρεπτικότητα ή τη γευστικότητα τέτοιων προϊόντων, έχει βρεθεί ότι κάποια θρεπτικά συστατικά μπορεί να λείπουν από τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς. Σε μια παρόμοια μελέτη του 1999 βρέθηκε ότι γενετικά τροποποιημένη σόγια περιείχε χαμηλότερη περιεκτικότητα σε φυτοοιστρογόνα, ουσίες που προστατεύουν από καρδιακές παθήσεις και καρκίνους (*Ανώνυμος, 2000*).

Τέλος, άλλοι κίνδυνοι που εγκυμονούν από τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα στην υγεία του ανθρώπου είναι ότι η νέα τεχνολογία καταργεί τους βιολογικούς φραγμούς ανάμεσα στα είδη και μάλιστα σε εξαιρετικά μικρό χρόνο. Το γεγονός αυτό από εξελεκτική άποψη καθιστά δυνατή τη ροή γονιδίων ανάμεσα σε διαφορετικούς οργανισμούς. Έτσι η ενδεχόμενη μεταλλακτικότητά τους εξαιτίας της ανεξέλεγκτης μεταφοράς γονιδίων και η επέκταση διαταραχής της ισορροπίας είναι παράγοντες που δεν προβλέπονται να ελεγχθούν από παραδοσιακά πρωτόκολλα εκτίμησης των κινδύνων. Ακόμη, η κυκλοφορία σε παγκόσμιο επίπεδο των γεωργικών γενετικά τροποποιημένων φυτών και προϊόντων, δημιουργεί για πρώτη φορά στην ιστορία της ανθρωπότητας κινδύνους πλανητικής κλίμακας. Στην έννοια των κινδύνων μπορούν να προστεθούν και η έκρηξη επιδημιών από νεοφανείς οργανισμούς, η δημιουργία ανθεκτικότητας σε προηγούμενους ευαίσθητους οργανισμούς, καθώς επίσης και οι συνέπειες μεγάλης κλίμακας από τη γενετική ρύπανση και τη διαχείριση των αποβλήτων της. Οι νέες αυτές παράμετροι της έννοιας της επικινδυνότητας στην υγεία επιβάλλουν νέες μεθόδους έρευνας (*Τάσος Κουράκης, 1999*).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

**ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΗΘΙΚΕΣ ΑΝΗΣΥΧΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ**



(Greenpeace, 2002)

4.1 Γενικά

Η βιοτεχνολογία αποτελεί ένα παράδειγμα όπου οι αντιλήψεις του κοινού σχετικά με τους κινδύνους από τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς ποικίλουν πολύ. Σε πολλές χώρες, οργανώσεις και μεμονωμένα άτομα εναντιώνονται με διάφορα επιχειρήματα στη χρήση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών. Η αντίθεση τους δεν αφορά τόσο εφαρμογές που σχετίζονται με θέματα υγείας αλλά κυρίως επεμβάσεις σε φυτά, ζώα και μικροοργανισμούς, που σχετίζονται με την παραγωγή τροφίμων. Συχνά οι λανθασμένες αντιλήψεις οδηγούν σε τροποποιήσεις των κανονισμών, που είναι αναντίστοιχες με τον επιστημονικό προσδιορισμό των κινδύνων (*Maarten J. Chrispeels and David E. Sadava, 1994*).

Ο αιώνας που πέρασε υπήρξε πραγματικά πλήρης από εξελίξεις και επιτεύγματα στο χώρο της επιστήμης και της τεχνολογίας. Νέες ανακαλύψεις, εφευρέσεις, πλούτος νέων γνώσεων και ποικίλα επιτεύγματα έφεραν την πλήρη ανατροπή του κόσμου του παρελθόντος και των αντιλήψεων που είχε ο άνθρωπος γι' αυτόν. Τα επιτεύγματα όμως αυτά δεν συνοδεύτηκαν από την αντίστοιχη εξέλιξη του πνευματικού επιπέδου του ανθρώπου, ούτως ώστε να χρησιμοποιηθούν με μέτρο και σύνεση. Η αίσθηση της αντίληψης του ανθρώπου ότι μπορεί να ελέγχει τη φύση, να επεμβαίνει σε ποικίλα πεδία, να μεταπλάθει δημιουργικά τη φύση και να χρησιμοποιεί τα δημιουργήματα του, τον οδήγησε στο να επιδιώκει συνεχώς την αύξηση της κυριαρχίας του και όχι απλά το καλό των άλλων χρηστών. Η τεχνολογία συνδέθηκε με τις επιδιώξεις της τεχνολογικής δύναμης και οι δυνατότητες του ανθρώπου συνδυάστηκαν με το τεχνοκρατικό πνεύμα. Ήδη η αλόγιστη αυτή χρήση των ικανοτήτων που απέκτησε ο άνθρωπος σε συνδυασμό με τις αντιλήψεις για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης έχουν οδηγήσει στην παραγωγή ποικίλων οικολογικών προβλημάτων, που συνθέτουν διάφορους κινδύνους για τη ζωή πάνω στον πλανήτη (*Ιωάννης Σ. Πέτρου, 2001*).

Οι επαναστατικές τεχνολογίες και επιστήμες έρχονται σε σύγκρουση με τον κοινωνικό ιστό σε θέματα οικονομίας, κοινωνίας ηθικής, θρησκείας και πολιτικής. Η εφαρμογή νέων τρόπων και συνθηκών και η αντικατάσταση των κλασικών διαδικασιών προκαλεί αντιδράσεις. Η βιοτεχνολογία και ιδιαίτερα η εφαρμογή του γονιδιακού χειρισμού στη βιοτεχνολογία δεν αποτελεί εξαίρεση. Επιπρόσθετα, επειδή η εφαρμογή αυτή έχει ως αποτέλεσμα το σχεδιασμό νέων, κατά παραγγελία, προϊόντων ή παροχής υπηρεσιών ή ακόμη νέων μορφών ζωής συγκρούεται με πολλά ευαίσθητα ζητήματα της κοινωνίας. Διάφορα ερωτηματικά μπορούν να διατυπωθούν κυρίως για να διεγείρουν και να ερεθίσουν τον ανθρώπινο νου ώστε να συλλογιστεί και

όχι μόνο να δημιουργήσει μια στείρα αμφισβήτηση. «Πόσο πραγματικά ασφαλές είναι το ασφαλές». Μπορούμε να προβλέψουμε, να προεξοφλήσουμε τον αντίκτυπο των διαγωνιδιακών οργανισμών στη ζωή μας και στο περιβάλλον και ποια είναι η ώθηση της τεχνολογίας και του τρόπου ζωής των πολιτών της κοινωνίας του παγκόσμιου χωριού που λέγεται πλανήτης γη με την εφαρμογή των διαγωνιδιακών οργανισμών; Όλα αυτά χρειάζονται περισσότερη μελέτη για την αλληλεπίδραση που θα έχει το ένα στο άλλο (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

4.2 Ηθική υποχρέωση των επιστημόνων προς το κοινωνικό σύνολο

Η ηθική υποχρέωση των επιστημόνων είναι να πληροφορούν τους λαούς ή τους αντιπροσώπους τους, σε θέματα δυνατοτήτων της επιστημονικής γνώσης και στην καλή ή στην κακή χρήση. Όμως, οι επιστήμονες σαν μέλη της κοινωνίας πιστεύουν και πράττουν διαφορετικά. Έτσι, ο λόγος τους και οι αιτιολογήσεις τους ποικίλουν. Ο λαός ή οι αντιπρόσωποι του, έχουν κι αυτοί την ηθική υποχρέωση να κατανοήσουν λίγο περισσότερο τα επιστημονικά επιτεύγματα και αφού αποσαφηνίσουν τα επιστημονικά πιστεύω των ερευνητών, να πάρουν αποφάσεις ώστε να αποτραπεί η κακή χρήση της δυνατότητας της νέας αυτής σκέψης και τεχνολογίας. Όμως, κάτι τέτοιο είναι αφελές. Στην ουσία η προσέγγιση αυτή απαλλάσσει από οποιαδήποτε ευθύνη τους επιστήμονες. Τους ανεξαρτητοποιεί και στην ουσία τους απομακρύνει απ' την κοινωνία και την κοινωνική ηθική.

Σήμερα, υπάρχουν δύο ακραίες απόψεις. Η μία θεωρεί ότι, η νέα τεχνολογία και η εφαρμογή της επιστήμης είναι πέρα για πέρα καταστροφική και ότι οι παραδοσιακοί τρόποι και οι αξίες θα συμβιβαστούν παντελώς και θα διαβρωθούν. Ο μόνος τρόπος να αποτραπεί κάτι τέτοιο είναι μόνο να εμποδιστεί η ανάπτυξη της επιστήμης αυτής και της τεχνολογίας. Η εκ διαμέτρου αντίθετη άποψη θεωρεί ότι η επιστήμη αυτή και η εφαρμογή της έχει μια αστείρευτη πηγή από ανείπωτα οφέλη, και οποιοδήποτε εμπόδιο θα δημιουργήσει τρομερά προβλήματα στην εξέλιξη και στην ανάπτυξη. Ανάμεσα στις δύο αυτές ακραίες περιπτώσεις υπάρχουν αρκετές ενδιάμεσες απόψεις. Μια απ' αυτές θεωρεί ότι τίποτα κατ' ουσία δεν είναι νέο, αλλά αποτελείται από επιστημονικά επιτεύγματα που συναθροίζονται με το χρόνο. Έτσι, το προϋπάρχον σύστημα κανονισμών είναι ικανοποιητικό για να αντιμετωπίσει τους δυνητικά προβλεπόμενους κινδύνους. Τα αναμενόμενα οφέλη θα συμβούν αναπόφευκτα καθώς η τεχνολογία αυτή ωριμάζει. Μια άλλη άποψη θεωρεί ότι κάθε περίπτωση είναι ανεξάρτητη και θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ανεξάρτητα. Νέοι κανονισμοί θα πρέπει να ισχύσουν όταν εμφανίζονται καινοφανή προϊόντα ή παντελώς

τροποποιημένοι οργανισμοί. Η θεώρηση αυτή απαιτεί επιπρόσθετη γνώση της βασικής λειτουργίας των προϊόντων μέσα στον οργανισμό, της λειτουργίας του ίδιου του οργανισμού, της σχέσης του με το περιβάλλον και της σχέσης του προϊόντος με το περιβάλλον. Επίσης, μια άλλη άποψη θεωρεί ότι πρέπει να εξετάζεται και να εκτιμάται η πραγματική αναγκαιότητα της κοινωνίας, της οικονομίας και της ηθικής για το εκάστοτε νεοδομημένο προϊόν (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Υπάρχουν πεδία αντιπαράθεσης μεταξύ αντίθετων και υποστηρικτών της βιοτεχνολογίας για λόγους ηθικής και υποστηρίζεται ότι η μεταφορά γονιδίων μεταξύ οργανισμών που δεν προέρχονται από το ίδιο είδος (και επομένως δεν διασταυρώνονται μεταξύ τους) είναι ανήθικη. Επομένως οι άνθρωποι δεν νομιμοποιούνται να μεταβάλλουν τη γονιδιακή σύσταση των οργανισμών με τέτοιες μεθόδους. Σύμφωνα με τους υποστηρικτές της βιοτεχνολογίας η αντίληψη αυτή αγνοεί το γεγονός ότι ο άνθρωπος έχει επιφέρει σημαντική επίδραση στην εξέλιξη πολλών ειδών, όπως με τη μεταφορά γονιδίων μεταξύ ειδών στα συμβατά προγράμματα βελτίωσης. Πρόσθετα, μεταφορά γονιδίων μεταξύ άσχετων μεταξύ τους οργανισμών συμβαίνει και στη φύση (Maarten J. Chrispeels and David E. Sadava, 1994).

Το ζήτημα των παρεμβάσεων του ανθρώπου στη φύση με τη γενετική μηχανική συνδέεται άμεσα με την ελευθερία του ανθρώπου. Έτσι ο άνθρωπος ενεπλάκει σε μια ιδιάζουσα σχέση με τη φύση που είναι σχέση κυρίου προς δούλο αλλά ο οποίος τελικά εξουσιάζει τον κύριο του. Κατ' αυτό τον τρόπο υφίσταται μια αμοιβαία αντιπαλότητα μεταξύ φύσεως και ανθρώπου. Το γεγονός αυτό οδήγησε τον άνθρωπο σε τέτοιες παρεμβάσεις στη φύση ώστε να φανερώσει ότι εξουσιάζει τη φύση και συγχρόνως υποδουλώνεται σ' αυτήν. Μια έκφανση της σχέσεως αυτής μεταξύ ανθρώπου και φύσεως αποτελεί και το οικολογικό πρόβλημα ως αποτέλεσμα της νοοτροπίας ότι αφού ο άνθρωπος είναι κυρίαρχος της φύσεως, μπορεί να την κάνει ό,τι θέλει. Η ίδια νοοτροπία συνεπάγεται ότι η φύση εκδικείται τον άνθρωπο και ο άνθρωπος αποδεικνύεται αδύναμος μπροστά της. Μέσα σ' αυτά τα πλαίσια τοποθετείται και το πρόβλημα της παρεμβάσεως του ανθρώπου στη δομή της ύλης αλλά και στη δομική μηχανή της βιολογικής ύλης των όντων. Αν και η προσπάθεια διείσδυσης στους μηχανισμούς αυτούς ξεκίνησε από καιρό, ωστόσο τα πρακτικά αποτελέσματα της φάνηκαν τελικά με το εντυπωσιακό επίτευγμα της κλωνοποίησης. Δηλαδή με την απτή παραγωγή ενός πανομοιότυπου βιολογικά αντιγράφου. Μ' αυτές τις προκλήσεις της βιοτεχνολογίας απομακρυνόμαστε πλέον από την εποχή προβλημάτων και προβληματισμών ηθικής κλασικού τύπου και εισερχόμαστε σ' ένα νέο είδος ηθικών προβλημάτων. Το ζήτημα δεν είναι βέβαια πλέον αν η φύση είναι καλή ή κακή αλλά αν θα επιβιώσει ή όχι (Ζήζιούλας Ιωάννης, 2001).

Η βιοτεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορους ζωντανούς οργανισμούς. Ο κάθε ένας οργανισμός όμως όσο περιορισμένος και να είναι, είναι δυνατόν να απελευθερωθεί στο περιβάλλον σκόπιμα ή τυχαία. Έτσι, δημιουργείται μια νέα σχέση ανάμεσα στον οργανισμό αυτό με το περιβάλλον που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εντελώς άγνωστες. Οι πολίτες έχουν διαφορετικούς βαθμούς ευαισθησίας στους ζωντανούς οργανισμούς. Υπάρχει ένας οργανισμός για τα δικαιώματα των ζώων, όμως δεν υπάρχει αντίστοιχος μέχρι σήμερα για τα φυτά ή τους μικροοργανισμούς. Μέσα στην ίδια ομάδα (ζώα) οι βαθμοί ευαισθησίας των ανθρώπων ποικίλουν π.χ. θηλαστικά, ψάρια. Όμως οι περισσότεροι είναι ευαίσθητοι με το περιβάλλον ή τις επιπτώσεις των ζωντανών διαγονιδιακών οργανισμών στο περιβάλλον, παρόλο που εδώ και χρόνια είναι ήδη τόσο επιβαρυνόμενο. Φυσικά, και η επίδραση των ζωντανών οργανισμών ή των προϊόντων τους στον άνθρωπο είναι μια άλλη, αλλά ουσιαστική παράμετρος.

Η θεματολογία της δημόσιας αποδοχής των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών, συχνά περιγράφεται από την παρουσίαση διαφόρων δημοσκοπήσεων για την βιοτεχνολογία. Οι ερωτήσεις των δημοσκοπήσεων δεν αποτελούν κριτική για την επιστήμη αλλά αποτιμούν την ενημέρωση αλλά και τις ανησυχίες των πολιτών για την ασφάλεια του ανθρώπου και του περιβάλλοντος, για την ηθική και την υγεία. Μερικές από τις ερωτήσεις αυτές είναι του τύπου: «Είναι δυνατόν η διαγονιδιακοί αυτοί οργανισμοί να διαταράξουν την ισορροπία στο περιβάλλον λόγω καλύτερης προσαρμοστικότητας», «Είναι δυνατόν να μεταφερθούν γονίδια, οριζόντια, και αν ναι, τότε υπάρχει κίνδυνος μεταφοράς γονιδίων ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά», «Ποιες είναι αυτές οι αλλεργικές αντιδράσεις στους ανθρώπους που δημιουργούνται απ' τα προϊόντα αυτά», «Τα διαγονιδιακά φυτά αντιπροσωπεύουν κάποιους κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου», «Είναι ηθικά αποδεκτό να δημιουργηθούν διαγονιδιακά ζώα», «Είναι τα διαγονιδιακά τρόφιμα ασφαλή», «Θα είναι τα διαγονιδιακά τρόφιμα φθηνότερα και με μεγαλύτερη διατροφική αξία» (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Η γενετική επιστήμη ενδιαφέρεται για το ζωικό βασίλειο μέσα στο οποίο εντάσσεται και ο άνθρωπος. Αφήνοντας κατά μέρος το γενικότερο οικολογικό πρόβλημα θα περιορίσουμε τους προβληματισμούς και τις σκέψεις μας στο ζήτημα των γενετικών παρεμβάσεων. Ποια μπορεί να είναι η θέση της θεολογίας ως προς αυτό το πρόβλημα; Το ζήτημα αυτό ασφαλώς και δεν επιλύεται διά της ηθικής στην οποία καταφεύγουμε. Οι σκέψεις και οι ιδέες που άρχισαν ήδη να διατυπώνονται κινούνται στο επίπεδο μιας κατασταλτικής ηθικής. Τούτο σημαίνει έκκληση για νομική παρέμβαση και διατύπωση νομοθετημάτων που πρέπει να επιτρέπουν ή να απαγορεύουν. Όμως δι' αυτού του τρόπου δεν επιλύεται το πρόβλημα. Όταν υφίσταται η δυνατότητα ενός πράγματος, η απαγόρευση του με

νομική παρέμβαση δεν μπορεί να τελεσφορήσει κατ' ανάγκη. Συνεπώς η επίλυση του προβλήματος εξαρτάται πλέον από την καλή διάθεση αυτού που κατέχει τα μέσα αυτά για να τα εφαρμόσει. Το πρόβλημα δεν επιλύεται με την ηθική. Βρισκόμαστε λοιπόν μπροστά σε ακραίες και οριακές καταστάσεις. Συνήθως, η γνώση παρουσιάζεται ως ευκαιρία για την εξυπηρέτηση του ανθρώπου. Όλες οι πρόοδοι της επιστήμης περιέχουν το δέλεαρ της χρηστικής αποτελεσματικότητας για τον άνθρωπο. Γενικά συμπεραίνουμε ότι ο άνθρωπος έχει τέτοιες δυνατότητες λόγω της ελευθερίας του, οι οποίες δεν μπορούν με τίποτα να αναχαιτιστούν. Και οι δυνατότητες αυτές είναι διφυείς και παράδοξες, που συνδυάζουν συγχρόνως τη δυνατότητα του καλού και του κακού, του ηθικού και του ανήθικου.

Παλαιότερα, ο άνθρωπος είχε θέσει περιορισμούς στη γνώση φοβούμενος ακριβώς αυτές τις εξελίξεις με τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς. Σήμερα, που ο άνθρωπος είναι πλέον ελεύθερος και χωρίς κανένα περιορισμό στη γνώση, στην έρευνα και στην ανακάλυψη, η Εκκλησία είναι υποχρεωμένη να ζήσει μ' αυτή την κατάσταση των πραγμάτων. Με τις βιολογικές αυτές εξελίξεις τονίζεται ήδη ότι η δυνατότητα του ανθρώπου να παρεμβαίνει στη φύση είναι συνυφασμένη με την ελευθερία του. Η ελευθερία δεν είναι κακό αλλά θέλημα και δώρο του Θεού στον άνθρωπο ώστε να παρεμβαίνει στη φύση, για να την προαγάγει και να την κάνει ικανή να ενωθεί μαζί του ώστε να ξεπεράσει και η ίδια τα πεπερασμένα όρια της. Η φύση αν αφηθεί δίχως την παρέμβαση του ανθρώπου, είναι καταδικασμένη να αφανιστεί και να καταστραφεί. Ο θεός έθεσε τον άνθρωπο στον παράδεισο «εργάζεσθαι αυτόν και φυλάσσειν» (Γεν. 1, 15). Η φύση είναι ένας αγρός που πρέπει να καλλιεργηθεί. Αν, επειδή σεβόμαστε τη φύση, εγκαταλείψουμε το φυσικό περιβάλλον και αποστερήσουμε τη φύση από την παρέμβαση του ανθρώπου, τότε όχι μόνο θα αγριέψει αλλά και δεν θα μπορέσει ουσιαστικά να επιβιώσει. Η παρέμβαση λοιπόν του ανθρώπου είναι απαραίτητη και για τη φύση και για τον άνθρωπο. Ωστόσο το πρόβλημα που δημιουργείται από θεολογική άποψη είναι μέχρι ποιου σημείου μπορούμε να παρεμβαίνουμε στη φύση, καθόσον κατά την επιστημονική άποψη μπορούμε να παρεμβαίνουμε απεριόριστα. Από θεολογική άποψη λοιπόν μπορούμε να παρεμβαίνουμε μόνο στο βαθμό που η παρέμβαση μας δεν εκτοπίζει τη βούληση και το θέλημα του Θεού που είναι ο δημιουργός του κόσμου (*Ζηζιούλας Ιωάννης, 2001*).

4.3 Αντιπαράθεση σε θέματα ασφάλειας των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών

Ένα άλλο πεδίο αντιπαράθεσης αφορά τα θέματα ασφάλειας των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών. Υποστηρίζεται ότι η διάδοση των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών θα έχει απρόβλεπτες οικολογικές επιπτώσεις κυρίως με την δημιουργία ζιζανίων ή και παθογόνων ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα και τα φυτοφάρμακα. Σύμφωνα με τους υποστηρικτές της βιοτεχνολογίας οι επιπτώσεις δεν θα είναι μεγαλύτερες από αυτές που προήλθαν από την μετακίνηση οργανισμών μεταξύ διαφορετικών ηπείρων και σε κάθε περίπτωση μπορούν να προσδιοριστούν και να αντιμετωπιστούν. Η άποψη ότι τα βιοτεχνολογικά τρόφιμα δεν είναι ασφαλή για τον καταναλωτή αντικρούεται από τους βιοτεχνολόγους που υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχει ιδιαίτερο πρόβλημα με την κατανάλωση γενετικά τροποποιημένων προϊόντων αφού οι επιστήμονες γνωρίζουν ακριβώς και με ασφάλεια, ποιο γονίδιο μεταφέρεται και πού. Σε αντιδιαστολή με την κλασική βελτίωση, όπου μεταφέρεται μεγάλος αριθμός γονιδίων μεταξύ των φυτών το πρόβλημα εν πάσει περιπτώσει είναι μικρότερο (*Maarten J. Chrispeels and David E. Sadava, 1994*).

Στις περισσότερες περιπτώσεις η αρνητική συμπεριφορά της κοινής γνώμης πηγάζει από την άγνοια. Οι άνθρωποι θεωρούν ότι τα φυτά αυτά δεν είναι φυσιολογικά και για το λόγο αυτό τα αποφεύγουν. Όμως πραγματικά πόσο ξένο μπορεί να θεωρηθεί ένα γονίδιο μέσα σ' αυτά; Σήμερα είναι γνωστό ότι οι διάφορες βασικές λειτουργίες του κυττάρου επιτελούνται από γονίδια που είναι σχετικά συντηρητικά ακόμη και μεταξύ φυτών-ζώων ή πολυκύτταρων-μονοκύτταρων οργανισμών. Η ανάλυση, η εύρεση και η εξιχνίαση της λειτουργίας κάποιου γονιδίου (φυτού ή ζώου) μπορεί να γίνει μέσα στο σύστημα της ζύμης (μονοκύτταρος οργανισμός). Αυτό σημαίνει, ότι τα γονίδια δεν είναι και τόσο ξένα μεταξύ τους. Έτσι λόγου χάριν τα γονίδια (π.χ. του ζώου) που βρίσκονται σ' ένα διαφορετικό περιβάλλον (π.χ. φυτό) δεν βρίσκονται πραγματικά σε ξένο περιβάλλον και επομένως η λειτουργία των ξένων γονιδίων δεν επηρεάζεται σημαντικά. Η λειτουργία και η εξέλιξη των οργανισμών ή των γονιδίων έχει διαφοροποιηθεί ώστε να εξυπηρετεί καλύτερα τις ανάγκες ή την προσαρμοστικότητα του οργανισμού. Ξένα γονίδια ή και προϊόντα τους βρίσκονται συχνά στα προϊόντα που καταναλώνονται. Όμως, αυτά δεν θεωρούνται ξένα. Τέτοιες περιπτώσεις είναι η έκφραση γονιδίων *Agrobacterium* στο σταφύλι. Άλλο παράδειγμα είναι η καπνιά των δημητριακών που χρησιμοποιείται σαν φάρμακο, που για το φάρμακο αυτό όμως δεν υπάρχει αρνητική κοινή γνώμη παρόλο που παράγεται από τη λειτουργία ξένων γονιδίων. Έτσι γίνεται φανερό ότι η αποδοχή ή όχι εξαρτάται και από υποκειμενικούς παράγοντες.

Κανείς ή σχεδόν κανείς δεν θα αμφισβητήσει μια διαγονιδιακή καλλιέργεια που θα παράγει κάποιο γιατρικό ή εμβόλιο για κάποια ασθένεια που μαστίζει την ανθρωπότητα. Όλοι ή σχεδόν όλοι, θα αμφισβητήσουν την μονοπωλιακή κατάσταση των διαγονιδιακών φυτών από διάφορες εταιρείες ή την ανθεκτικότητα σε κάποιο ζιζανιοκτόνο όταν η καλλιέργεια αυτή έχει μεγάλη πιθανότητα να διασταυρωθεί με συγγενή ζιζάνια.

Μια μεγάλη ευθύνη των επιστημόνων που ασχολούνται με την μοριακή μηχανική των φυτών είναι να εγγυηθούν την ασφάλεια των προϊόντων που παράγονται από τα διαγονιδιακά φυτά καθώς και την ασφάλεια των απελευθερωμένων αυτών φυτών προς το περιβάλλον. Παρ' όλες όμως τις εγγυήσεις διάφορες ομάδες ατόμων για διάφορους λόγους θα αρνούνται τις διαγονιδιακές καλλιέργειες ή τα προϊόντα που πηγάζουν απ' αυτά. Εν γένει για τη δημιουργία, την καλλιέργεια και την παραγωγή των προϊόντων από διάφορα διαγονιδιακά φυτά είναι αναγκαίο να αποτιμηθούν συστηματικά τα φυτά αυτά και τα προϊόντα τους. Η αποτίμηση του κινδύνου που ελλοχεύει σε μια τέτοια καλλιέργεια γίνεται από ομάδες εργασίας και μπορεί να εκφραστεί κυρίως με τις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Ποιά είναι η οικονομική ωφέλεια από την καλλιέργεια διαγονιδιακών φυτών και ποια η οικονομική εξάρτηση;
2. Ποιός είναι ο τελικός στόχος του προϊόντος, διατροφή ή ακατέργαστο υλικό για τη βιομηχανία;
3. Η καλλιέργεια των διαγονιδιακών φυτών μπορεί να αποτελέσει απειλή για την ισορροπία του περιβάλλοντος ή του οικοσυστήματος;
4. Τα φυτά ή τα προϊόντα των φυτών αυτών μπορούν να αποτελούν απειλή για την υγεία των ανθρώπων ή των ζώων;

Όλες αυτές οι ερωτήσεις αντανακλούν την κοινωνικοοικονομική διάσταση του θέματος όχι μόνο σε ομάδες ατόμων αλλά και σε επίπεδα εθνών και κρατών. Η παράμετρος βέβαια αυτή είναι δύσκολο να ελεγχθεί. Η αποτίμηση των κινδύνων για την απειλή του περιβάλλοντος από τα διαγονιδιακά φυτά είναι μια ουσιαστική ανησυχία των πολιτών απ' όλα τα μέρη της γης. Γίνονται διάφορες μελέτες για να αποτιμηθούν οι κίνδυνοι αυτοί. Σε μια μελέτη αποτιμήθηκε η μεταφορά γονιδίων από διαφορετικά διαγονιδιακά φυτά με διασταυρώσεις σε συγγενή άγρια είδη. Τα φυτά αυτά κατατάχθηκαν σε τρεις ομάδες: Στην πρώτη ομάδα υπήρχε ελάχιστη πιθανότητα διαγονιδιακής ροής σε συγγενή άγρια είδη. Μια άλλη ομάδα είχε χαμηλή πιθανότητα διαγονιδιακής ροής σε συγγενή άγρια είδη και η τρίτη ομάδα είχε μεγαλύτερη πιθανότητα ροής. Στην πρώτη ομάδα κατατάσσονται το καλαμπόκι, ο καπνός και η πατάτα, ενώ στην τρίτη ομάδα το ζαχαρότευτλο, η ελαιοκράμβη και η λεύκη. Το συμπέρασμα της ανάλυσης των δοκιμών στον αγρό των διαγονιδιακών φυτών, στην Ευρώπη, είναι ότι το 91% των διαγονιδιακών καλλιεργειών

έχει ελάχιστο κίνδυνο και το 9% έχει χαμηλό κίνδυνο για το περιβάλλον. Ένα άλλο θέμα που επίσης πρέπει να εξετασθεί, να αποτιμηθεί και να εκτιμηθεί, είναι αυτό που προκαλείται με την εισβολή νέων φυτικών ειδών σε νέες περιοχές. Η αύξηση των φυτών με πολλαπλασιασμό μπορεί να δημιουργήσει κάτω από συγκεκριμένες βιοτικές και αβιοτικές συνθήκες την εξάπλωση και την εισβολή του φυτού σε άλλες περιοχές. Μια πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι η πιθανότητα δημιουργίας προβλημάτων λόγω ακούσιας εισβολής διαγονιδιακών φυτών που ρυθμίζονται με κανονισμούς, είναι άκρως ελάχιστη (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

4.4 Απόψεις εταιρειών και καταναλωτών για τα γενετικά τροποποιημένα προϊόντα.

Υποστηρίζεται ότι οι βιοτεχνολογικές εταιρείες κινούνται μόνο με οικονομικά κριτήρια και διαστρεβλώνουν την αλήθεια και τους κινδύνους, αδιαφορώντας για το καλό της ανθρωπότητας. Σύμφωνα με τους υποστηρικτές της βιοτεχνολογίας το παραπάνω επιχείρημα μπορεί να εμπεριέχει κάποια αλήθεια, όμως οι εταιρείες συχνά προωθούν την ευημερία των ανθρώπων κατασκευάζοντας νέα προϊόντα που εξυπηρετούν τις ανάγκες τους με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις εφαρμογές στον τομέα της υγείας. Σε κάθε περίπτωση οι βιοτεχνολογικές εταιρείες δεν είναι απαραίτητα περισσότερο κακοήθεις από άλλες (Maarten J. Chrispeels and David E. Sadava, 1994).

Η συζήτηση ή καλύτερα η μάχη γύρω από τη μεταφορά στη γεωργική πράξη των επιτευγμάτων της γενετικής μηχανικής έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια, καθώς πολλοί πιστεύουν ότι κάτι τέτοιο είναι ένα εξαιρετικά επικίνδυνο εγχείρημα για το μέλλον των φυσικών οικοσυστημάτων στον πλανήτη μας. Δεν πρόκειται όμως μόνο για μια διαμάχη των εταιρειών βιοτεχνολογίας με τις οικολογικές οργανώσεις. Το θέμα θίγει τεράστια οικονομικά συμφέροντα, ιδιωτικά και εθνικά, σε παγκόσμιο επίπεδο και εξελίσσεται σε ένα νέο εμπορικό πόλεμο, που απειλεί να ανατρέψει λεπτές ισορροπίες στις διεθνείς σχέσεις. Οι ακραίες σχέσεις και από τα δύο μέρη φτάνουν στο σημείο, από τη μια πλευρά να υποστηρίζουν ότι η γενετική μηχανική είναι ικανή να λύσει κάθε πρόβλημα, σχετικό με την αύξηση της παραγωγής, τη βελτίωση της ποιότητας ή την παραγωγή νέων προϊόντων από τη γεωργία, την κτηνοτροφία, την αλιεία κ.ο.κ., και από την άλλη να θεωρούν καταστροφική την απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών ακόμη και για πειραματικούς σκοπούς. Υπάρχουν φυσικά και πιο μετριοπαθείς απόψεις και από τις δύο πλευρές, που δέχονται αντίστοιχα ότι:

- a) Η έρευνα πρέπει να προχωρήσει, αλλά με πολύ προσεχτικά βήματα, ενώ οι εφαρμογές σε ευρεία κλίμακα να είναι απολύτως ελεγχμένες και να ελέγχονται συνεχώς για τις ενδεχόμενες επιπτώσεις.
- b) Τα πειράματα πρέπει να γίνονται, με πολύ προσοχή και σε βάθος χρόνου, ώστε από τα επιτεύγματα της γενετικής μηχανικής να χρησιμοποιηθούν μόνο εκείνα που διαπιστωμένα δεν έχουν ή δεν είναι δυνατό να έχουν καμία δυσμενή επίπτωση ενώ παράλληλα λύνουν σημαντικά προβλήματα όπως π.χ. η παραγωγή ανθρώπινης ινσουλίνης από βακτήρια, που έλυσε το πρόβλημα της θεραπείας του διαβήτη.

Υπάρχουν συγκεκριμένες απόψεις υπέρμαχων και αντιτιθέμενων στη νέα τεχνολογία και οι μεν υποστηρικτές προβάλλουν τα επιχειρήματα τους που είναι τα παρακάτω:

- ◆ **Η ανάγκη κάλυψης των διατροφικών αναγκών του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού της γης**, είναι ένα από τα σημαντικότερα επιχειρήματα που διατυπώνουν οι υποστηρικτές της γενετικής τροποποίησης. Εκτιμάται ότι μέχρι το 2025 ο συνολικός πληθυσμός της γης θα φτάσει τα 8,5 δισεκατομμύρια ενώ παράλληλα η γεωργική γη θα παραμείνει στο 1% περίπου της ξηράς σ' όλο το πλανήτη και ο αριθμός των καλλιεργητών, ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες χώρες, θα μειώνεται. Θα είναι απαραίτητο επομένως να αυξηθεί η παραγωγή τροφίμων για να καλυφθούν οι ανάγκες της ανθρωπότητας. Για να ανταποκριθούμε σ' αυτή την ανάγκη, θα πρέπει να δημιουργήσουμε νέες ποικιλίες με μεγάλη απόδοση, καλή ποιότητα, που να χρειάζονται χαμηλές εισροές και να μην επηρεάζουν δυσμενώς το περιβάλλον.
- ◆ **Η μείωση των εισροών στη γεωργία και προστασία του περιβάλλοντος** είναι επίσης ένα σοβαρό επιχείρημα για τους υποστηρικτές της καλλιέργειας των γενετικά τροποποιημένων φυτών. Με την γενετική μηχανική μπορούμε να βελτιώσουμε την αντοχή των φυτών σε ασθένειες, σε προσβολές εντόμων, ακόμη και σε δυσμενείς εδαφοκλιματικές συνθήκες, περιορίζοντας έτσι δραστικά τους ψεκασμούς με φυτοπροστατευτικά προϊόντα ή την προσθήκη λιπασμάτων. Κατά συνέπεια, μπορούμε να μειώσουμε τις δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία του καταναλωτή.
- ◆ **Με την καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένων φυτών μπορεί να βελτιωθεί η ποιότητα των προϊόντων, καθώς και τα χαρακτηριστικά εκείνα που ενδιαφέρουν την μεταποίηση, ώστε να αποφεύγεται η εφαρμογή χημικής επεξεργασίας στη φάση αυτή**, υποστηρίζουν οι υπέρμαχοι της νέας τεχνολογίας. Αντί να κόβονται τα φρούτα πράσινα, για να διατηρηθούν

μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μέχρι τη κατανάλωση, με όλες τις γνωστές επιπτώσεις στην ποιότητα και την τιμή τους, μπορούμε με την γενετική μηχανική να αποκτήσουμε φυτά που δίνουν καρπούς με μεγαλύτερη αντοχή μετά τη συγκομιδή και καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τα γενετικά τροποποιημένα φυτά μπορούν έτσι να δώσουν λύση σ' ένα σημαντικό πρόβλημα της σύγχρονης γεωργίας και να βελτιώσουν την οικονομική απόδοση της καλλιέργειας.

- ◆ **Η ανάγκη βελτίωσης των αποδόσεων σε φυτά που μπορούν να καλλιεργηθούν για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών της ανθρωπότητας, όπως π.χ. είναι τα ελαιούχα φυτά,** είναι ένας ακόμη λόγος που προβάλλεται για την επέκταση της καλλιέργειας των γενετικά τροποποιημένων φυτών.
- ◆ **Οι έλεγχοι που γίνονται είναι επαρκείς και η κοινή γνώμη δεν πρέπει να ανησυχεί για τις ενδεχόμενες επιπτώσεις** από τη απελευθέρωση των γενετικά τροποποιημένων φυτών στο περιβάλλον και την κατανάλωση των προϊόντων τους, ισχυρίζονται οι υποστηρικτές της νέας τεχνολογίας. «Οι κίνδυνοι που απορρέουν από τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα και μικροοργανισμούς μπορούν να προσδιοριστούν με σχετικά μεγάλη ακρίβεια, χρησιμοποιώντας επιστημονικές πληροφορίες και με βάση αυτές έχουν αναπτυχθεί οι κανονισμοί που ισχύουν στις ΗΠΑ» υποστήριξε η κ. P. G. Lemaux από το πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας.
- ◆ **Η γενετική μηχανική είναι ο σύγχρονος τρόπος βελτίωσης των φυτών** υποστηρίζουν οι υπέρμαχοι της καλλιέργειας των γενετικά τροποποιημένων φυτών. Ο άνθρωπος προσπαθούσε από την αρχαιότητα να βελτιώσει τα φυτά που καλλιεργούσε, απλά τότε η προσπάθεια βασιζόταν στη συστηματική επιλογή των καλύτερων και αποδοτικότερων φυτών, αργότερα στις ειδικές διασταυρώσεις και πρόσφατα στις πιο εξελιγμένες.

Ωστόσο αυτοί που έχουν αντίθετες απόψεις εκφράζονται με τα ακόλουθα επιχειρήματα:

- ◆ **Η άποψη ότι η γενετική τροποποίηση είναι ο σύγχρονος τρόπος βελτίωσης των φυτών, δεν ευσταθεί,** υποστηρίζουν οι επικριτές της καλλιέργειας των γενετικά τροποποιημένων φυτών. Η κλασική γενετική βελτίωση ασχολείται με τη μεταφορά χαρακτηριστικών μεταξύ φυτών που ανήκουν στο ίδιο συνήθως είδος ή μεταξύ συγγενών ειδών, σε αντιδιαστολή με τη Γενετική Μηχανική που χρησιμοποιεί γονίδια από διαφορετικά γένη ή και βασιλεία ακόμη (από ζώα σε φυτά π.χ.). Έτσι όμως δημιουργούνται οργανισμοί ξένοι για το φυσικό περιβάλλον,

ανατρέποντας την ισορροπία της φύσης, με άγνωστες και μη προβλέψιμες συνέπειες.

- ◆ Όπως υποστηρίζουν οι αντιτιθέμενοι στην καλλιέργεια των γενετικά τροποποιημένων φυτών η χρησιμότητά τους θα είναι παροδική, αφού είναι πολύ πιθανό να μη δώσουν λύση στο πρόβλημα της πείνας, όπως επαγγέλλονται, με την αύξηση των αποδόσεων (κάτι που δεν πέτυχε ούτε η λεγόμενη πράσινη επανάσταση) στο πρόσφατο παρελθόν, η οποία αντίθετα προκάλεσε την οικονομική καταστροφή αρκετών κρατών του Τρίτου Κόσμου, που εγκατέλειψαν τις παραδοσιακές τους καλλιέργειες και άρχισαν να καλλιεργούν είδη που δεν ήταν κατάλληλα για τις δικές τους συνθήκες. Κατά τους επικριτές της σύγχρονης τεχνολογίας το πρόβλημα της πείνας δεν αφορά τόσο την έλλειψη, όσο την κακή κατανομή των ειδών διατροφής σε παγκόσμιο επίπεδο.
- ◆ Κριτική ασκείται επίσης και στον τρόπο που γίνεται η εκτίμηση των κινδύνων με επιχειρήματα όπως: Απαιτείται μεγάλη ποσότητα από τον εισαγόμενο παράγοντα (π.χ. στην περίπτωση ζωοτροφών από διαγονιδιακά φυτά) για την διεξαγωγή πειραμάτων με αγροτικά ζώα. Ο πειραματισμός όμως εκτελείται μόνο με το ενεργό τμήμα του εισαγόμενου παράγοντα (π.χ. πρωτεΐνες) και επομένως τα συμπεράσματα δεν είναι επισφαλή.
- ◆ Στην ανεπάρκεια των ελέγχων για τη διασφάλιση της υγείας των καταναλωτών που είναι συνδεδεμένη με την ισορροπία των διαφόρων παραμέτρων του οικοσυστήματος και δεν περιορίζεται μόνο στα στενά πλαίσια της αναζήτησης περιορισμένων βλαβών και νόσων.
- ◆ Η καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένων φυτών παραβιάζει τις αρχές της βιολογικής γεωργίας υποστηρίζουν οι βιοκαλλιεργητές, οι οποίοι θεωρούν ότι δεν θα μπορούν στο μέλλον να παράγουν βιολογικά προϊόντα, αφού δεν είναι δυνατόν να αποφευχθούν οι διασταυρώσεις των γενετικά τροποποιημένων φυτών με τις παραδοσιακές ποικιλίες που αυτοί καλλιεργούν.
- ◆ Διάχυτη ανησυχία υπάρχει τέλος και μεταξύ των μελισσοκόμων, οι οποίοι θεωρούν ότι η διάδοση των γενετικά τροποποιημένων φυτών θα έχει καταστροφικές επιπτώσεις στα μελίσσια και τα προϊόντα της κυψέλης.

Την πλήρη αντίθεση τους στην καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένων φυτών και διάδοση της χρήσης των προϊόντων τους έχουν εκφράσει με κάθε τρόπο οι περιβαλλοντικές οργανώσεις και οι οργανώσεις καταναλωτών.

- **Η διάδοση της καλλιέργειας γενετικά τροποποιημένων φυτών θα έχει σοβαρές κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις**, υποστηρίζει η οργάνωση Greenpeace. Οι καλλιέργειες αυτές μπορεί να οδηγήσουν στην εγκατάλειψη της καλλιέργειας και τελικά την εξαφάνιση παραδοσιακών ποικιλιών, με ανεπανόρθωτες επιπτώσεις στην τοπική οικονομία πολλών περιοχών. Ολόκληρες αλυσίδες παραγωγής μπορεί να βρεθούν υπό μονοπωλιακό έλεγχο, από την παράδοση των γεωργικών πρώτων υλών και την καλλιέργεια των φυτών, μέχρι τη συγκομιδή και ολόκληρη τη διαδικασία επεξεργασίας. Η παραγωγή μπορεί να βρεθούν υποχρεωμένοι να αυξήσουν τη χρήση συγκεκριμένων αγροχημικών που είναι απαραίτητα για την καλλιέργεια των συγκεκριμένων σπόρων. Μπορεί να συνθλιβούν από πολυεθνικές εταιρείες, οι οποίες θα παρέχουν όλο και πιο ακριβές πρώτες ύλες και οι οποίες θα αγοράζουν τη γεωργική παραγωγή σε όλο και πιο χαμηλές τιμές.
- **Αμφισβητείται το δικαίωμα των εταιρειών βιοτεχνολογίας να κατωχυρώνουν την αποκλειστική χρήση ζωντανών οργανισμών.** Ο μονοπωλιακός έλεγχος της γενετικής σύνθεσης του κόσμου δεν μπορεί να εναποτεθεί με ασφάλεια σε κανένα άτομο ή εταιρεία, επισημαίνει η οργάνωση Greenpeace.
- Οι εταιρείες που προωθούν τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς βιάζονται να κατακτήσουν ένα σημαντικό μέρος της παγκόσμιας αγοράς επισημαίνει η Greenpeace. Αυτό είναι εξάλλου αναμενόμενο. Η έρευνα όμως έχει κάθε λόγο να δώσει προτεραιότητα σε μια προληπτική προσέγγιση, απαιτώντας τις απαντήσεις στις σαφώς διατυπωμένες ανησυχίες. Η κοινωνία με τη σειρά της καλείται να απαντήσει στο ερώτημα που οδεύει η αγροτική παραγωγή και ποιο θέλουμε να είναι το μέλλον της.
- **Την αντίθεση τους συνολικά στην απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον υπογραμμίζουν σε σχετική ανακοίνωση το πανελλήνιο δίκτυο οικολογικών οργανώσεων και συνεργαζόμενοι φορείς και πολίτες.** Η γενετική έχει προσφέρει και θα προσφέρει πάρα πολλά. Ένα μέρος των κεφαλαίων οπωσδήποτε διατίθεται για την έρευνα για αναντίρρητα θετικές εφαρμογές της νέας τεχνολογίας, ιδίως στο πεδίο της γενετικής ιατρικής. Αυτό όμως επισημαίνεται, χρησιμοποιείται ως προκάλυμμα για την προώθηση της γενετικής μηχανικής σε πεδία στα οποία η δημόσια γνώμη και η κοινή λογική δεν μπορούν παρά να είναι αντίθετες. Πολυεθνικές που συσσώρευσαν τεράστιο πλούτο μέσα από την ελεύθερη αγορά, σήμερα επιθυμούν να διαμορφώσουν γεωργικές πρακτικές για να διεξάγουν όποια έρευνα θέλουν, χωρίς να δίνουν σε κανέναν λογαριασμό.

- Ο καταναλωτής θέλει να ξέρει τι τρώει, να έχει το δικαίωμα να επιλέγει την τροφή του ελεύθερα και να υποστηρίζει τη μέθοδο παραγωγής που τον εκφράζει, υποστηρίζει το ινστιτούτο καταναλωτών (IN.KA).

(*Εύη Θεοδοσιάδου, 2001*).

Τέλος διαφωνίες εκφράζονται και από πάρα πολλούς ευρωπαίους πολίτες για τα γενετικά τροποποιημένα φυτά και τρόφιμα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση για να εκτιμήσει τη στάση του κοινού στα σχετικά θέματα, έχει χρηματοδοτήσει σχετικές κοινωνιολογικές έρευνες. Τα αποτελέσματα των δημοσκοπήσεων αυτών δείχνουν ότι η πλειοψηφία όσων απαντούν δεν υποστηρίζει την παραγωγή γενετικά τροποποιημένων προϊόντων. Συγκεκριμένα, τα δύο τρίτα των καταναλωτών δεν είναι διατεθειμένοι να αγοράσουν τροποποιημένα φρούτα, ακόμα και αν αυτά έχουν καλύτερη γεύση, και παραπάνω απ' τους μισούς θα πλήρωναν ακριβότερα για μη τροποποιημένα φρούτα. Παρομοίως, μόνο το ένα τρίτο των ερωτηθέντων θα ήταν διατεθειμένο να αγοράσει ζάχαρη από διαγονιδιακό ζαχαρότευτλο. Αντίστοιχα, μόνο ένας στους πέντε καταναλωτές θα έτρωγε αυγά από κότες που θα είχαν τραφεί με διαγονιδιακό καλαμπόκι.

Ως προς τα δασικά δέντρα που έχουν υποστεί γενετική τροποποίηση, αναφορικά με την αποδοχή τους από το κοινό, τα πράγματα τόσο στη Ευρώπη όσο και στην Αμερική δεν φαίνονται και πολύ καλύτερα παρ' ότι η βιοτεχνολογία έχει αποδείξει τα πλεονεκτήματα που μπορεί να προσφέρει (*Ανδρέας Ντούλης, 2001*).

Η τελική επιτυχία της γενετικής μηχανικής των φυτών θα εξαρτηθεί από το βαθμό αποδοχής της τεχνολογίας και των προϊόντων της απ' τους καταναλωτές. Σε κάθε περίπτωση, τα προϊόντα αυτά πρέπει να αντιμετωπιστούν ξεχωριστά. Οι ανησυχίες των καταναλωτών για την ασφάλεια των προϊόντων μπορούν να εξισορροπηθούν από την αντίληψη των ωφελειών και των κινδύνων των νέων τεχνολογιών. Για παράδειγμα, ένα ανθεκτικό στα έντομα διαγονιδιακό φυτό, το οποίο μειώνει τη ανάγκη χρήσης εντομοκτόνων, θα γίνει πιθανώς ευκολότερα αποδεκτό από ένα διαγονιδιακό φυτό ανθεκτικό στα ζιζανιοκτόνα που ενισχύει τη χρήση ζιζανιοκτόνων. Επίσης προϊόντα που ωφελούν άμεσα τον καταναλωτή θα βρουν μεγαλύτερη αποδοχή από αυτά που ωφελούν τον παραγωγό τους. Προϊόντα που δεν σχετίζονται με τα τρόφιμα θα γίνουν ευκολότερα αποδεκτά από τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα. Ένας παράγοντας που θα επηρεάσει την επιλογή των καταναλωτών είναι η σχέση τέτοιων τροφίμων με την υγεία. Για παράδειγμα, τρόφιμα με αντικαρκινικές ή καρδιοτονωτικές ιδιότητες θα έχουν πιθανώς μεγαλύτερη εμπορική επιτυχία. Η αποδοχή των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων ή των άλλων φυτικών προϊόντων θα εξαρτηθεί τόσο από εσωτερικούς όσο και από εξωτερικούς παράγοντες. Μεταξύ των εσωτερικών παραγόντων περιλαμβάνονται οι φυσικές και

χημικές ιδιότητες του προϊόντος, όπως η θρεπτική αξία, η γεύση, η εμφάνιση και η πιθανή επίδραση στην υγεία. Στους εξωτερικούς παράγοντες περιλαμβάνονται η μέθοδος και η ηθική της παραγωγής, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η συσκευασία του προϊόντος (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

4.5 Φιλοσοφικές αντιπαραθέσεις

Οι αντίθετοι στη βιοτεχνολογία υποστηρίζουν την ανάγκη επιστροφής σε μία οικολογικού τύπου διαχείριση της φύσης και εγκατάλειψη της σημερινής εξαντλητικής εκμετάλλευσης. Οι βιοτεχνολόγοι απαντούν ότι η αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων είναι απαραίτητη για να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες του ολοένα αυξανόμενου πληθυσμού της γης. Επομένως είναι απαραίτητη η εκμετάλλευση με σύνεση όλων των διαθέσιμων πόρων (Maarten J. Chrispeels and David E. Sadava, 1994).

Η ζωή του σύγχρονου ανθρώπου δεν ξέρουμε πόσο εναρμονισμένη είναι με το φυσικό περιβάλλον μέσα στο οποίο ζει και πόσο έχει αλλάξει το περιβάλλον σε σχέση με αυτό της εποχής των αρχαίων. Φυσικά η σύσταση του περιβάλλοντος από καταβολής κόσμου σε τίποτα δεν άλλαξε. Μπορεί να έχουν επέλθει σημαντικές μεταβολές στην εξωτερική του εμφάνιση, χωρίς συστατικές δομικές μεταβολές. Το φυσικό περιβάλλον αποτελείται από οικοσυστήματα που τα κατοικούν αναρίθμητοι οργανισμοί που έχουν συνδιαμορφωθεί στη διάρκεια τρισήμισι δισεκατομμυρίων χρόνων χρησιμοποιώντας και ανακυκλώνοντας διαρκώς τα ίδια μόρια του χόματος, του νερού και του αέρα. Τα οικοσυστήματα αυτά – θέλουμε να πιστεύουμε ότι συνεχώς εξελίσσονται προς ολοένα και τελειότερες μορφές – είναι αυτό-οργανωμένα και αυτορυθμιζόμενα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες να διασυνδέονται σε ένα πολύπλοκο πλέγμα αλληλεξαρτήσεων που εξασφαλίζει τη συνεχή ανταλλαγή ύλης και ενέργειας σε διαρκείς ανακυκλώσεις. Οι ανάγκες λοιπόν του πλανήτη μας είναι οι ίδιες με τις ανάγκες του κάθε μέλους των οικοσυστημάτων και κατά συνέπεια του κάθε ανθρώπου, άρα και τα δικαιώματα του κάθε πολίτη, ταυτίζονται με τα δικαιώματα του πλανήτη μας. Τα δικαιώματα αυτά απέχουν κατά πολύ από τις επιδιώξεις μας. Ο πλανήτης μας, δηλαδή το φυσικό μας περιβάλλον, επενεργεί κάτω από σταθερούς νόμους που δεν έχουν αλλάξει σε τίποτα από τη στιγμή της πρώτης δημιουργίας του.

Θα πρέπει να πούμε και να παραδεχθούμε ότι οι λαοί μέχρι τον 19^ο αιώνα δεν αντιμετώπιζαν τα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο άνθρωπος σήμερα. Ο λόγος είναι εμφανής. Μέχρι τον 19^ο αιώνα διάφοροι φυσικοί παράγοντες σε συνδυασμό με τις συνθήκες υγιεινής που επικρατούσαν

μέχρι τότε, βοηθούσαν ώστε ο πληθυσμός της γης να διατηρείται σε ένα τέτοιο επίπεδο που οι φυσικοί πόροι να καλύπτουν τις απαιτήσεις του. Ήταν τέτοιος ο πληθυσμός που τα παραγόμενα αγαθά υπερεπαρκούσαν για την κατανομή του γήινου πληθυσμού σ' όλη την επιφάνεια της γης.

Η οικιστική ανάπτυξη και συγχρόνως η βιομηχανική ανάπτυξη που επήλθε στις οικιστικές περιοχές επηρέασαν και έναν άλλο περιβαλλοντικό παράγοντα. Σημαντικοί πνεύμονες πρασίνου-δασικές περιοχές-καταστράφηκαν και συνεχίζουν να καταστρέφονται για να παραχωρηθεί η έκτασή τους κυρίως για καλλιέργειες και να γίνει εκμετάλλευση της ξυλείας τους για διάφορους λόγους. Παρατηρούμε λοιπόν, ότι η αύξηση του πληθυσμού της γης επέφερε αλυσιδωτές αλλοιώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Στις αλλοιώσεις αυτές θα πρέπει να προσθέσουμε τη ρύπανση και τη μόλυνση του περιβάλλοντος από την πολυποίκιλη ανθρώπινη παρέμβαση. Σ' αυτές τις επεμβάσεις θα πρέπει να προστεθεί και ένα νέο γεγονός. Με την αύξηση του πληθυσμού της γης έγινε άμεσα εμφανές το πρόβλημα της αύξησης της παραγωγικότητας των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Η αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού ακολούθησε δύο στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο οι επιστήμονες ασχολήθηκαν με την εξεύρεση χημικών ουσιών με τις οποίες επιχείρησαν να καταπολεμήσουν τους παθογόνους οργανισμούς για τις καλλιέργειες. Κατά το δεύτερο στάδιο, με την βοήθεια των σύγχρονων μεθόδων της μοριακής βιολογίας, οι επιστήμονες ασχολήθηκαν με την γενετική τροποποίηση διαφόρων οργανισμών, κυρίως αυτούς που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για να καλύψει τις διατροφικές του ανάγκες, κατά τρόπο ώστε είτε να τους καταστήσει ανθεκτικότερους στα διάφορα χημικά που χρησιμοποιεί για την καταπολέμηση των παθογόνων οργανισμών είτε να τους καταστήσει αποδοτικότερους. Η αντιμετώπιση της μεγαλύτερης ζήτησης τροφίμων τελικά δημιούργησε τα προβλήματα της επιβάρυνσης του φυσικού περιβάλλοντος με ρυπογόνες και τοξικές χημικές ουσίες και της εισαγωγής στο φυσικό περιβάλλον γενετικά τροποποιημένων οργανισμών, καθώς επίσης και της βεβιασμένης μετατροπής των διατροφικών συνθηκών διαφόρων οργανισμών. Το πρόβλημα της ρύπανσης που έχει επέλθει στο περιβάλλον, οι επιστήμονες πιθανόν να επιτύχουν μελλοντικά να το αντιμετωπίσουν με την ανάπτυξη νέων και αποδοτικότερων μεθόδων απορρύπανσης.

Η εισαγωγή όμως στο περιβάλλον γενετικά τροποποιημένων οργανισμών ίσως αποτελέσει το πλέον σημαντικό από τα προβλήματα. Στην μακραίωνη πορεία της εξέλιξης, από τα πρώτα στάδια της εμφάνισης του πλανήτη γη μέχρι τις ημέρες μας, δημιουργήθηκαν οι συνθήκες εκείνες που τελικά δόθηκε στο περιβάλλον η δυνατότητα ανάπτυξης ζωής. Οι βιοτικές μορφές μέσα από τις χρονοβόρες διαδικασίες της φυσικής επιλογής δημιούργησαν μια ισορροπημένη

κατανομή έμβιας ύλης σε όλη την επιφάνεια του πλανήτη. Από τη στιγμή όμως που οι επιστημονικές γνώσεις του ανθρώπου διευρύνθηκαν άρχισε να απομακρύνεται η αρμονική συμβίωση με το φυσικό περιβάλλον, διότι επιχείρησε να το εκμεταλλευτεί όσο το δυνατόν περισσότερο για να καλύψει τις διατροφικές και λειτουργικές του ανάγκες. Η εκμετάλλευση αυτή δεν έγινε πάντα με τον καλύτερο τρόπο. Δυστυχώς μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα ζητήσαμε από τη φύση να ακολουθήσει τις δικές μας επιταγές. Δεν δώσαμε στη φύση την ευκαιρία, στα χρονικά πλαίσια που αυτή μέχρι σήμερα από μόνη της είχε θεσπίσει να δοκιμάσει τις επιλογές μας και να διαπιστώσει κατά πόσον είναι βιώσιμες ή όχι. Αυτός ο χρονικός βιασμός που επιβλήθηκε σ' αυτή ήταν λογικό να αποτελέσει την απαρχή μιας σειράς προβλημάτων.

Πόσο λοιπόν είμαστε έτοιμοι να αντιμετωπίσουμε την πιθανή μεταβολή της οικολογικής ισορροπίας που ίσως προκύψει από την αλόγιστη ανθρώπινη παρέμβαση; Με βάση ποιές αρχές θα προσπαθήσουμε να επιλύσουμε τα πιθανά προβλήματα και ποιούς ηθικούς φραγμούς θα πρέπει να θεσπίσουμε ώστε να γίνουν κοινά αποδεκτοί; Σε μια χρονική στιγμή που η κοινωνία διέπεται από υλιστικές αρχές, όπου ο άκριτος υλισμός έχει θέσει στο περιθώριο την περιβαλλοντική συνείδηση, όπου το οικονομικό όφελος κυριαρχεί κάθε ανθρωπιστικής αξίας, η θέσπιση ηθικών φραγμών αποτελεί την πλέον δύσκολη διαδικασία. Η θέσπιση αυτή θα είναι δυνατή μόνον εφόσον οι αρμόδιοι για το σκοπό αυτό, συνειδητοποιώντας την ανάγκη της μελέτης των αρχών του ανθρωπισμού όπως αυτές είχαν προσδιοριστεί από τους αρχαίους φιλοσόφους, παραμερίσουν τις όποιες οικονομικές κατευθύνσεις τους ζητείται να ακολουθήσουν και θεσπίσουν σαν στόχο την επιστήμη σαν «απόκτηση σοφίας, κατανόηση της φυσικής τάξης και προσπάθεια εναρμόνισης της ανθρώπινης ζωής με τη φύση». Το πρόβλημα πλέον δεν βρίσκεται στα επιδέξια χέρια των επιστημόνων αλλά στη βούληση των κυβερνητικών και οικονομικών αρχών που προσδιορίζουν τις κατευθυντήριες γραμμές και που απ' ότι φαίνεται έχουν θεσπίσει σαν στόχο την επιστήμη σαν « γνώση που προσφέρεται για τον έλεγχο και την κατάκτηση της φύσης» και όχι σαν προσπάθεια εναρμόνισης της ανθρώπινης ζωής με τη φύση. Από μόνη της, η επιστημονική κοινότητα είναι σε θέση να θέσει τα θεμέλια πάνω στα οποία πρέπει να οικοδομήσει αυτές τις ηθικές αρχές. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι στο σύνολο τους οι επιστήμονες διέπονται από ηθικές αρχές που συχνά έρχονται σε πλήρη αντίθεση με οικονομικά και κυβερνητικά συμφέροντα. Με βάση την αρχή της μελέτης των φυσικών φαινομένων με σκοπό την εναρμόνιση της ανθρώπινης ζωής με τη φύση, το καρτεσιανό «cogito ergo sum – σκέπτομαι άρα υπάρχω» θα μπορούσε ίσως να αποδοθεί σαν «διερευνώ άρα επιβιώνω» (Δημήτριος Ματθόπουλος, 2001).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

***ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ, ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ, ΕΛΕΓΧΟΣ***

5.1 Κανονισμοί ελευθέρωσης γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο φυσικό περιβάλλον

Όπως συνέβει και με άλλες τεχνολογίες, έχουν διατυπωθεί πολλές επιφυλάξεις σχετικά με την ασφάλεια των καταναλωτών και του περιβάλλοντος από την καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένων φυτών. Όμως, αναγνωρίζοντας τα οφέλη από τη σύγχρονη βιοτεχνολογία, κυβερνήσεις και οργανισμοί έχουν θεσπίσει ρυθμιστικούς κανόνες για την αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων και τη διαχείριση της αναπόφευκτης εισαγωγής των γενετικά τροποποιημένων φυτών στα γεωργικά συστήματα παραγωγής. Στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα η σκόπιμη απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον, είτε για πειραματικούς σκοπούς είτε για παραγωγή και εμπορία προϊόντων ή άλλους σκοπούς, καλύπτεται από τις οδηγίες 90/219/ΕΟΚ και 90/220/ΕΟΚ. Στις Η.Π.Α., ο έλεγχος των γενετικά τροποποιημένων προϊόντων καλύπτεται από τρεις υπηρεσίες, την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA, Environmental Protection Agency), τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA, Food and Drug Administration) και το Υπουργείο Γεωργίας (USDA, United States Department of Agriculture) (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

Στις δεκαετίες του 1970 και 1980 υπήρχε μια έντονη ανησυχία με τις επιπτώσεις των νέων τεχνολογιών στη υγεία και στο περιβάλλον. Αυτό οδήγησε σε νέα και πιο αυστηρά πρότυπα αξιολόγησης των νέων προϊόντων και διαδικασιών. Επίσης οδήγησε σε εκκλήσεις για καλύτερη ενημέρωση του κοινού και μεγαλύτερη συμμετοχή του στην απόφαση αν είναι παραδεκτοί οι δυνατοί κίνδυνοι από αυτά τα προϊόντα και διαδικασίες. Οι κανονισμοί της βιοτεχνολογίας είναι κάτι σαν δοκιμή για την υλοποίηση μερικών από τις νέες μεθόδους και βασικές αρχές. Η βασική δυσκολία στην νομοθετική ρύθμιση μιας νέας τεχνολογίας είναι ότι η φύση και η κλίμακα των κινδύνων δεν είναι εκ των προτέρων γνωστά. Όμως σ' όλες τις χώρες ακόμα και στις αναπτυσσόμενες έχουν γίνει νομοθετικές ρυθμίσεις των κινδύνων από τα βιομηχανικά και γενετικά τροποποιημένα προϊόντα. Οι κυβερνήσεις έχουν θεσπίσει ελέγχους για την προστασία της υγείας, της ασφάλειας και πιο πρόσφατα του περιβάλλοντος. Με βάση την εμπειρία από τα δυσμενή αποτελέσματα, έχει ψηφιστεί νομοθεσία που ορίζει ότι το προϊόν ή η διαδικασία θα πρέπει να πληρούν ορισμένα κριτήρια υγείας, ασφάλειας και όπου ενδείκνυται, αποτελεσματικότητας και περιβαλλοντικής προστασίας. Ένα παράδειγμα τέτοιας δραστηρικής νομοθετικής ρύθμισης είναι ο νόμος περί φαρμάκων που ψηφίστηκε το 1968 ως απάντηση στην τραγωδία της θαλιδομίδης το 1962 (British Medical Association, 1998).

Σε γενικές γραμμές, σύμφωνα με τους κανονισμούς που ισχύουν σήμερα για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς, κάθε αίτηση απελευθέρωσης εξετάζεται ξεχωριστά με καθιερωμένες μεθόδους αξιολόγησης των κινδύνων και ανάλογα εγκρίνεται ή απορρίπτεται από την αρμόδια επιτροπή αξιολόγησης. Έτσι η απελευθέρωση φυτών με ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνο δεν γίνεται αποδεκτή στην περίπτωση που το φυτό μπορεί να διασταυρωθεί με συγγενικά του ζιζάνια, γεγονός που θα επέτρεπε την ανάπτυξη ζιζανίων ανθεκτικών στο ζιζανιοκτόνο. Επίσης, φυτά που παράγουν τρόφιμα με ενδεχόμενη τοξική ή αλλεργιογόνο δράση απαιτούν προσεκτική εκτίμηση. Τα θέματα βιοασφάλειας μπορεί να ποικίλουν σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές, λόγω διαφορετικών εθνικών περιστάσεων. Στις Η.Π.Α., για παράδειγμα, δεν υπάρχουν άγρια συγγενικά είδη των βασικών καλλιεργειών όπως καλαμπόκι, σόγια, σιτάρι και βαμβάκι και επομένως εκλείπει ο κίνδυνος ανεπιθύμητων διασταυρώσεων των διαγονιδιακών φυτών των ειδών αυτών με φυσικούς πληθυσμούς. Σε αντίθεση στη Νορβηγία, όπου η οικονομία εξαρτάται σημαντικά από τα γηγενή δέντρα, η εισαγωγή νέων χαρακτήρων στα είδη αυτά δεν πρέπει να επηρεάζει αρνητικά την πολύχρονη αξιοπιστία των φυσικών πόρων (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, παρά το μορατόριουμ και τις αντιδράσεις της κοινής γνώμης για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς, η επιτροπή, αναγνωρίζοντας τη στρατηγική και μακροπρόθεσμη σημασία των βιοεπιστημών και της βιοτεχνολογίας συνέχισε να ασχολείται εντατικά με το θέμα των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών, εστιάζοντας στο οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό τους δυναμικό. Η θέση της επιτροπής είναι ξεκάθαρη, αν η Ευρώπη θέλει να γίνει η ανταγωνιστικότερη και δυναμικότερη κοινωνία της γνώσης, ικανή για βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη, με περισσότερες και καλύτερες θέσεις εργασίας και με καλύτερη συνοχή, δεν έχει περιθώριο να χάσει την ευκαιρία που προσφέρουν αυτές οι νέες επιστήμες και τεχνολογίες. Έτσι η επιτροπή προχώρησε στη προετοιμασία νέας οδηγίας για την σκόπιμη ελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον (οδηγία 2001/18/ΕΚ) και σε μια σειρά από άλλες σχετικές διατάξεις, προκειμένου να ολοκληρώσει τις προτάσεις της για το νέο νομικό καθεστώς που θα ισχύσει στην Ευρώπη μετά το μορατόριουμ για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς. Το μόνο σοβαρό εμπόδιο στους σχεδιασμούς της Ευρωπαϊκής επιτροπής για την προώθηση των εφαρμογών των βιοεπιστημών και της βιοτεχνολογίας στην Ευρώπη είναι το ότι δεν έχει εξασφαλιστεί η ευρεία υποστήριξη του κόσμου, η οποία και θεωρείται απαραίτητη. Οι πολίτες στις χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης συνεχίζουν να αντιδρούν και εκφράζουν φόβους

ιδιαίτερα για τα τρόφιμα από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς. Απόψεις της κοινής γνώμης, όπως ακόμη και αν τα τρόφιμα από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς έχουν πλεονεκτήματα, είναι αντίθετα στη φύση ή τα τρόφιμα από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς απλά δεν είναι αναγκαία, δεν είναι εύκολο να αγνοηθούν, αφού υπάρχει και το πολιτικό κόστος για τις κυβερνήσεις. Παρ' όλα αυτά, η Ευρωπαϊκή επιτροπή δείχνει αποφασισμένη να ολοκληρώσει και μάλιστα άμεσα την προετοιμασία του απαραίτητου νομοθετικού πλαισίου και να επιδιώξει το ταχύτερο την έγκριση του από τα κράτη – μέλη, προκειμένου να μπορέσουν να αξιοποιηθούν τα οφέλη που υπόσχεται η βιοτεχνολογία (Κ. Κολοτούρος, 2001).

Πρόσφατη οδηγία της Ευρωπαϊκής κοινότητας (258/97/ΕΚ) καλύπτει τα θέματα που αφορούν την ασφάλεια των νέων τροφίμων. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται κάθε προϊόν που δεν έχει προηγουμένα καταναλωθεί από ανθρώπους, οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί και τα προϊόντα τους καθώς και τα προϊόντα από νέες μεθόδους επεξεργασίας. Τα νέα τρόφιμα που εγκρίνονται πρέπει υποχρεωτικά να έχουν σχετική ετικέτα. Ο κανονισμός για τα νέα τρόφιμα και συστατικά τροφίμων αποσκοπεί στην προστασία της υγείας του καταναλωτή, στη σωστή ενημέρωσή του, στην ασφάλεια του περιβάλλοντος, στη λήψη μέτρων για την εμπορία νέων τροφίμων για την αποφυγή εμποδίων διακίνησης (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

5.2 Τι προβλέπει η νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η Ελληνική νομοθεσία για τις γενετικά τροποποιημένες τροφές

Οδηγίες

Οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς και τους γενετικά τροποποιημένους μικροοργανισμούς και η αντίστοιχη Ελληνική νομοθεσία έχουν σχέση με τα εξής:

- ◆ Η οδηγία 90/219/ΕΟΚ ρυθμίζει την περιορισμένη χρήση γενετικά τροποποιημένων μικροοργανισμών (είτε για εργαστηριακούς είτε για βιομηχανικούς σκοπούς), έτσι ώστε να αξιολογούνται οι κίνδυνοι και να περιορίζονται οι ενδεχόμενες αρνητικές συνέπειες στη δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Η εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας έχει γίνει με κοινή υπουργική απόφαση το Δεκέμβριο του 1995 (ΚΥΑ 96287/1893/17-11-95, ΦΕΚ 1030Β/14-12-95).
- ◆ Η οδηγία 90/220/ΕΟΚ αφορά την εκτίμηση των περιπτώσεων, την προληπτική προστασία του περιβάλλοντος και τη δημόσια υγεία στις

περιπτώσεις σκόπιμης ελευθέρωσης γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον, είτε για σκοπούς έρευνας και ανάπτυξης είτε για διάθεση στην αγορά (για οποιαδήποτε χρήση). Η εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία έχει γίνει με κοινή υπουργική απόφαση το Δεκέμβριο του 1995 (ΚΥΑ 88740/1883/6-11-95, ΦΕΚ 1008B/11-12-95).

Αρμόδια για την εφαρμογή των οδηγιών αυτών στην Ελλάδα είναι η γενική διεύθυνση περιβάλλοντος του ΥΠΕΧΩΔΕ και έχει συντονιστικό ρόλο για όλα τα συναρμόδια υπουργεία: υπουργείο Γεωργίας, υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας, υπουργείο Οικονομικών (Γενικό Χημείο του Κράτους), υπουργείο Ανάπτυξης (Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, Γενική Γραμματεία Καταναλωτή). Για τη διάθεση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στην αγορά, η γνωστοποίηση κατατίθεται σε ένα κράτος-μέλος. Στη διαδικασία όμως αξιολόγησης συμμετέχουν όλα τα κράτη μέλη. Εάν υπάρχουν αιτιολογημένες αντιρρήσεις το θέμα παραπέμπεται σε ειδική επιτροπή εκπροσώπων όλων των κρατών μελών. Στην Ελλάδα η αξιολόγηση γίνεται από επιστημονική διυπουργική επιτροπή, η οποία διενεργεί την εκτίμηση της επικινδυνότητας (risk assessment) και διαβιβάζει την εισήγησή της στην επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Η απόφαση συγκατάθεσης που εκδίδεται για κάθε προϊόν καθορίζει τα τυχόν μέτρα και όρους που θα πρέπει να τηρηθούν κατά τη σκόπιμη ελευθέρωση. Ο έλεγχος της τήρησης των όρων γίνεται από τις καθ' ύλην αρμόδιες υπηρεσίες.

- ◆ Η οδηγία αυτή τροποποιήθηκε με την οδηγία 97/35/ΕΚ, που καθιστά υποχρεωτική την επισήμανση των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών. Κάθε φάκελος γνωστοποίησης που υποβάλλεται πρέπει να περιέχει πρόταση επισήμανσης που να αναφέρει ότι το προϊόν περιέχει ή αποτελείται από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς. Για τα προϊόντα που διατίθεται σε μείγμα με μη τροποποιημένους οργανισμούς, αρκεί να αναφερθεί η ενδεχόμενη παρουσία γενετικά τροποποιημένων οργανισμών. Η εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία 97/35, δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί και το σχέδιο ΚΥΑ (Κοινή Υπουργική Απόφαση) βρίσκεται στο στάδιο της υπογραφής από τα συναρμόδια υπουργεία. Αυτό, ωστόσο, δεν σημαίνει ότι τα ήδη εγκεκριμένα προϊόντα (12) δεν υπόκεινται σε υποχρεώσεις επισήμανσης στην Ελληνική επικράτεια. Όπως αναφέρθηκε ήδη, κάθε εγκεκριμένο προϊόν θα πρέπει να συνοδεύεται από τη δική του απόφαση συγκατάθεσης, η οποία καθορίζει μεταξύ άλλων και την επισήμανση που οφείλει να φέρει το προϊόν, με τη μορφή συνοδευτικού εγγράφου ή ετικέτας.

- ◆ Σε εξέλιξη βρίσκονται οι διαδικασίες τροποποίησης της οδηγίας 90/220. Οι διατάξεις που αφορούν την επισήμανση ενδέχεται να τροποποιηθούν με τον καθορισμό της περιεκτικότητας σε γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς, κάτω από τον οποίο τα προϊόντα δεν θα υπόκεινται σε επισήμανση. Ήδη έχουν λάβει συγκατάθεση για διάθεση στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης 12 προϊόντα, ενώ εκκρεμούν άλλες 12 αιτήσεις.
(*Ευρωπαϊκή Ένωση, 1999*)

Κανονισμοί

Οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως τρόφιμα, ακόμη και αν έχουν λάβει έγκριση με τις διαδικασίες της οδηγίας 90/220, πρέπει υποχρεωτικά να λάβουν έγκριση και από τον κανονισμό 258/97/ΕΚ.

- ❖ Ο κανονισμός 258/97/ΕΚ ρυθμίζει τη διάθεση στην αγορά νέων τροφίμων ή νέων συστατικών τροφίμων τα οποία δεν έχουν μέχρι σήμερα χρησιμοποιηθεί ευρέως για ανθρώπινη κατανάλωση μέσα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, όπως τα τρόφιμα και συστατικά τροφίμων που αποτελούνται ή παράγονται από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς, τα οποία ονομάζονται νεοφανή τρόφιμα (novel foods).
- ❖ Ο κανονισμός 49/2000/ΕΚ αναφέρεται στην ύπαρξη γενετικά τροποποιημένων ουσιών στα συμβατά τρόφιμα και καθορίζει ως μέγιστο όριο ανοχής το ποσοστό 1%, για τυχαία επιμόλυνση συμβατικών συστατικών τροφίμων με συστατικά που προέρχονται από γενετικά τροποποιημένα φυτά.
- ❖ Ο κανονισμός 50/2000/ΕΚ, αναφέρεται στην επισήμανση με ετικέτα των τροφίμων και συστατικών τροφίμων που περιέχουν πρόσθετες και αρωματικές ύλες, οι οποίες έχουν τροποποιηθεί γενετικά ή έχουν παραχθεί από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς.
- ❖ Τέλος υπάρχει και η οδηγία 98/95/ΕΚ που ρυθμίζει γενικά τα θέματα παραγωγής ή εμπορίας σπόρων, εγγραφής ποικιλιών στον κοινοτικό κατάλογο κ.λ.π., η οποία μεταξύ άλλων προβλέπει ειδική διαδικασία για τα γενετικά τροποποιημένα.
- ❖ Το ρυθμιστικό πλαίσιο βελτιώθηκε πρόσφατα, με την έκδοση της οδηγίας 2001/18/ΕΚ που αντικαθιστά την οδηγία 90/220/ΕΟΚ (από 17.10.2002).

Προκειμένου να ολοκληρώσει το ρυθμιστικό πλαίσιο για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς και τα παράγωγα προϊόντα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε τον περασμένο Ιούλιο δύο προτάσεις κανονισμών:

- a) Για την ανιχνευσιμότητα και την επισήμανση των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών και την ανιχνευσιμότητα των προϊόντων

τροφίμων και ζωοτροφών που προέρχονται από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς και

- b) Για ένα κοινοτικό σύστημα χορήγησης αδειών για γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα και ζωοτροφές και ένα σύστημα επισήμανσης που θα καλύψει όλα τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα και τις ζωοτροφές.

(*Εθή Θεοδοσιάδου, 2001*)

5.3 Το νέο νομοθετικό πλαίσιο για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς

Σημαντικές αλλαγές και τροποποιήσεις στο καθεστώς που αφορά τη σκόπιμη ελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον επιφέρει η οδηγία 2001/18/ΕΚ της 12.3.2001 (έγγραφο 30 1L00 18), η οποία καταργεί την οδηγία 90/220/ΕΟΚ, από τις 17.10.2002 (άρθρο 36).

Όπως αναφέρεται στο κείμενο της οδηγίας 2001/18/ΕΚ, η αναμόρφωση των σχετικών διατάξεων κρίθηκε σκόπιμη, για λόγους σαφήνειας και εκλογίκευσης, καθώς η οδηγία 90/220/ΕΟΚ είχε ήδη τροποποιηθεί και έπρεπε να γίνουν νέες τροποποιήσεις. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ε.Ε, λοιπόν, εκτίμησαν μεταξύ άλλων και τα εξής:

- Οι ζώντες οργανισμοί που ελευθερώνονται στο περιβάλλον σε μεγάλες ή μικρές ποσότητες, είτε για πειραματικούς σκοπούς είτε ως εμπορικά προϊόντα, είναι δυνατόν να αναπαραχθούν στο περιβάλλον και να διασχίσουν εθνικά σύνορα, θίγοντας με τον τρόπο αυτό τα άλλα κράτη μέλη. Οι συνέπειες μιας τέτοιας ελευθέρωσης μπορεί να είναι αμετάκλητες.
- Η προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος απαιτεί να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στον έλεγχο των κινδύνων που είναι δυνατόν να προέλθουν από την σκόπιμη ελευθέρωση γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον.
- Βάσει της συνθήκης, η δράση της κοινότητας όσον αφορά το περιβάλλον θα πρέπει να βασίζεται στη αρχή της προληπτικής δράσης.
- Είναι αναγκαίο να γίνει μια προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών, σχετικά με την σκόπιμη ελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον και να εξασφαλιστεί η ασφαλής ανάπτυξη βιομηχανικών προϊόντων που χρησιμοποιούν γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς.

- Η αρχή της προφύλαξης έχει ληφθεί υπόψη κατά την εκπόνηση της παρούσας οδηγίας και πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την εφαρμογή της.
- Η τήρηση των δεοντολογικών αρχών που αναγνωρίζονται από ένα κράτος μέλος είναι ιδιαίτερα σημαντική. Τα κράτη μέλη μπορούν να λαμβάνουν υπόψη τις δεοντολογικές αρχές, όταν γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί ελευθερώνονται σκοπίμως ή διατίθενται στην αγορά ως προϊόντα ή εντός προϊόντων.
- Ακόμη, τονίζεται ότι η παρούσα οδηγία θα πρέπει να εφαρμοστεί σε στενή διασύνδεση με την εφαρμογή άλλων σχετικών πράξεων, όπως η οδηγία 91/414/ΕΟΚ του συμβουλίου της 15^{ης} Ιουλίου 1991 σχετικά με την διάθεση στην αγορά φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Εν προκειμένου, οι αρμόδιες αρχές που είναι επιφορτισμένες με την εφαρμογή της παρούσας οδηγίας και των πράξεων αυτών, στα πλαίσια της επιτροπής και σε εθνικό επίπεδο θα πρέπει να συντονίσουν κατά το δυνατό τη δράση τους.
(*Εύη Θεοδοσιάδου, 2001*)

5.4 ΕΓΓΡΑΦΟ ΔΙΑΒΟΥΛΕΥΣΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Ρυθμιστικά ζητήματα για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς που περιλαμβάνουν τους σπόρους, τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα και τις ζωοτροφές

Τις δεκαετίες που ακολούθησαν το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, η πολιτική για τα τρόφιμα καθορίστηκε από την ανάγκη να αυξηθεί η παραγωγή και η αποδοτικότητα προκειμένου να εξασφαλιστεί η επάρκεια τροφίμων. Αν και το σενάριο αυτό ισχύει ακόμα σε πολλές περιοχές του κόσμου, η γενική αφθονία και η υπερπροσφορά τροφίμων στην Ευρώπη οδήγησε σε μια σταδιακή αλλαγή στο επίκεντρο της δημόσιας πολιτικής, από την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα προς την ποιότητα και τη ποικιλία στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων και τη βιώσιμη, φιλική προς το περιβάλλον γεωργία. Οι σύγχρονες μέθοδοι παραγωγής τροφίμων αυτές καθαυτές, πέρα από την ανθρώπινη υγεία και την ασφάλεια, προκαλούν ανησυχίες στο κοινό που αφορούν τις περιβαλλοντικές και δεοντολογικές πλευρές της παραγωγής γεωργικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένης της βιώσιμης ανάπτυξης, της υγείας και της καλής μεταχείρισης των ζώων.

Ο πρόσφατος πανικός για τα τρόφιμα και τις κρίσεις της διοξίνης ενίσχυσαν την αλλαγή της δημόσιας πολιτικής και οδήγησαν επίσης σε περαιτέρω ενίσχυση των κανονισμών και των κριτηρίων ασφαλείας στους

τομείς των τροφίμων και των ζωοτροφών. Στη Λευκή Βίβλο για την ασφάλεια των τροφίμων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναγνώρισε την ανάγκη να ρυθμιστεί το θέμα της εξασφάλισης της εμπιστοσύνης των καταναλωτών και των εμπορικών εταιρειών σε ό,τι αφορά την Ευρωπαϊκή προμήθεια τροφίμων. Αυτό επιβεβαιώθηκε μέσα από την πρόταση της ανάγκης ύπαρξης γενικής νομοθεσίας για τα τρόφιμα, καθώς και την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Αρχής Τροφίμων, που καθορίζει τους γενικούς στόχους της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για τα τρόφιμα και ορισμένες αρχές που περιλαμβάνουν τη προφύλαξη, την ανιχνευσιμότητα, την ευθύνη και την προστασία των συμφερόντων των καταναλωτών.

Διαρκώς μεγαλύτερες ανησυχίες εκφράζονται, επίσης, σχετικά με τους πιθανούς κινδύνους από τη σκόπιμη απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον και την εφαρμογή της σύγχρονης βιοτεχνολογίας στους σπόρους, τα τρόφιμα και τις ζωοτροφές, παρόλο που από την αξιολόγηση από ομότιμους δεν έχουν προκύψει επιστημονικές ενδείξεις για οποιεσδήποτε δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον, για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς που μέχρι στιγμής έχουν λάβει άδεια κυκλοφορίας στην αγορά. Ενώ οι ιατρικές εφαρμογές της βιοτεχνολογίας μόλις πρόσφατα έγιναν θέμα δημόσιας συζήτησης, η έντονη δημόσια και πολιτική συζήτηση έχει επικεντρωθεί στα γενετικά τροποποιημένα φυτά και τις πιθανές μακροπρόθεσμες και ακούσιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένης της βιοποικιλότητας. Η κοινοτική νομοθεσία που διέπει τη γενετική μηχανική (ως ειδικό σύνολο τεχνικών της σύγχρονης βιοτεχνολογίας), έχει στόχο να εξασφαλίσει υψηλό επίπεδο προστασίας της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος (συμπεριλαμβανομένης της βιοποικιλότητας), καθώς και να εμπνεύσει εμπιστοσύνη στο κοινό και να προσφέρει νομική βεβαιότητα στους ερευνητές και στη βιομηχανία.

Τα βραχυπρόθεσμα ρυθμιστικά ζητήματα αφορούν την καθιέρωση ενός αποδοτικού, αποτελεσματικού, διαφανούς, εναρμονισμένου, σταθερού και προβλέψιμου ρυθμιστικού πλαισίου που διέπει τη βιοτεχνολογία στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτό απαιτεί μια συνεπή και συνεκτική προσέγγιση, τόσο της οριζόντιας νομοθεσίας όσο και της τομεακής. Το αρχικό ρυθμιστικό πλαίσιο για τη βιοτεχνολογία βασίστηκε σε μια οριζόντια προσέγγιση που λάμβανε υπόψη την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος σε όλους τους συναφείς τομείς. Η οδηγία 90/220/ΕΟΚ διέπει την σκόπιμη απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον και τη διάθεση στην αγορά προϊόντων που περιέχουν ή αποτελούνται από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς σε τρόφιμα,

ζωοτροφές και σπόρους καθώς και φαρμακευτικά προϊόντα. Η οδηγία 90/219/ΕΟΚ διέπει τις επαγγελματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν την περιορισμένη χρήση γενετικά τροποποιημένων μικροοργανισμών.

Σταδιακά παρατηρείται μια στροφή προς μια πιο τομεακή προσέγγιση, ιδίως όσον αφορά τη διάθεση των προϊόντων στο εμπόριο. Στο πλαίσιο αυτό, η τομεακή νομοθεσία εισήγαγε διατάξεις που ρυθμίζουν συγκεκριμένα τον κίνδυνο και άλλα ζητήματα σχετικά με τον εν λόγω τομέα, αν και τα περιβαλλοντικά στοιχεία εξακολουθούν να συνδέονται με την οδηγία 90/220/ΕΟΚ. Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στην οριζόντια και την τομεακή νομοθεσία εξακολουθεί να έχει θεμελιώδη σημασία, προκειμένου να εξασφαλιστεί μια συνεκτική και λογική ρυθμιστική προσέγγιση όπου η άδεια για όλες τις χρήσεις ενός γενετικά τροποποιημένου οργανισμού μπορεί να χορηγηθεί μέσω μιας μόνο συναίνεσης. Το σημερινό ρυθμιστικό πλαίσιο βελτιώθηκε με τη πρόσφατη έκδοση της οδηγίας 2001/18/ΕΚ που θα αντικαταστήσει την οδηγία 90/220/ΕΟΚ τον Οκτώμβριο του 2002 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2001).

5.5 Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα και στον υπόλοιπο κόσμο

Στα δεκαεφτά χρόνια που πέρασαν, από τη δημιουργία του πρώτου γενετικά τροποποιημένου φυτού, πολλά φυτικά είδη τροποποιήθηκαν με τις τεχνικές της γενετικής μηχανικής και έχουν χρησιμοποιηθεί το λιγότερο σε 40.000 πειράματα σε τουλάχιστον 45 χώρες. Και ενώ στις ΗΠΑ, από δεκαετίες, έχει αναπτυχθεί η υποδομή και οι σχετικές διατάξεις για τη δημιουργία και ελευθέρωση στο περιβάλλον γενετικά τροποποιημένων οργανισμών και ενώ καλλιεργούνται ήδη εκατομμύρια στρέμματα με γενετικά τροποποιημένα φυτά, στην Ευρώπη συνεχίζονται οι συζητήσεις και ο έντονος προβληματισμός για τη τεχνολογία αυτή.

Στις ΗΠΑ, από το 1987 έως σήμερα, έχουν εγκριθεί μερικές χιλιάδες αιτήσεις για πειραματική καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένων φυτών που αναφέρονται σε περισσότερα από 60 διαφορετικά φυτικά είδη και 2.000 διαφορετικά διαγονιδιακά χαρακτηριστικά. Ήδη, από το 1995, καλλιεργούνται σταδιακά όλο και περισσότερες εκτάσεις με γενετικά τροποποιημένα φυτά, κυρίως μεγάλης καλλιέργειας, όπως σόγια και βαμβάκι με ανθεκτικότητα στο ζιζανιοκτόνο Roundup, βαμβάκι ανθεκτικό στα έντομα, και καλαμπόκι ανθεκτικό σε ζιζανιοκτόνα και έντομα. Το 1997, οι καλλιεργούμενες εκτάσεις ανήλθαν σε πάνω από 70 εκατομμύρια στρέμματα, από τα οποία περίπου 60 εκατομμύρια στρέμματα αποτελούσαν καλλιέργειες της εταιρείας Monsanto (πίνακας 5.1) και τα υπόλοιπα άλλων

εταιρειών (AgrEvo, Novartis κ.ά.). Το 1998, καλλιεργήθηκαν περισσότερα από 300 εκατομμύρια στρέμματα στις ΗΠΑ και σε άλλες χώρες όπως Καναδάς, Αργεντινή, Μεξικό, Αυστραλία, Κίνα και Νότιος Αφρική (πίνακας 5.2).

Πίνακας 5.1. Καλλιέργεια σε εμπορική κλίμακα γενετικά τροποποιημένων φυτών της εταιρείας Monsanto κατά το 1997 (Πηγή: ISAAA, Monsanto).

| Προϊόν | Καλλιέργειες (χιλιάδες στρέμματα) | |
|---|-----------------------------------|-------------|
| | ΗΠΑ | ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ |
| Σόγια Roundup Ready ^R | 36.000 | 14.000 |
| Βαμβάκι Bollgard ^R (Bt) | 10.000 | 800 |
| Βαμβάκι Roundup Ready ^R | 3.200 | - |
| Αραβόσιτος Yieldgard ^R /Maisgard ^R (Bt) | 10.500 | - |
| Άλλα φυτά (πατάτα, ελαιοκράμβη κ.α.) | 1.400 | 2.000 |

Πίνακας 5.2. Παγκόσμια εξάπλωση της καλλιέργειας Γ.Τ.Φ., κατά χώρα, την περίοδο 1997-1999 (σε εκατ. στρ.) (Πηγή: ISAAA, Monsanto).

| Χώρα | 1997 | Ποσοστό (%) | 1998 | Ποσοστό (%) | 1999 | Ποσοστό (%) |
|------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|
| ΗΠΑ | 81 | 74 | 205 | 74 | 287 | 72 |
| Αργεντινή | 14 | 13 | 43 | 15 | 67 | 17 |
| Καναδάς | 13 | 12 | 28 | 10 | 40 | 10 |
| Κίνα | - | - | <1 | <1 | 3 | <1 |
| Αυστραλία | 1 | 1 | 1 | <1 | 1 | <1 |
| Ν. Αφρική | 0 | 0 | <1 | <1 | 1 | <1 |
| Μεξικό | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Ισπανία | 0 | 0 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Γαλλία | 0 | 0 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Πορτογαλία | 0 | 0 | 0 | 0 | <1 | <1 |
| Ρουμανία | 0 | 0 | 0 | 0 | <1 | <1 |
| Ουκρανία | 0 | 0 | 0 | 0 | <1 | <1 |
| Σύνολο | 110 | 100 | 278 | 100 | 399 | 100 |

Συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν εγκριθεί περίπου 800 αιτήσεις για πειραματισμό γενετικά τροποποιημένων προϊόντων σύμφωνα με την οδηγία 90/220/ΕΟΚ ενώ από τις 25 αιτήσεις για εμπόριο έχουν εγκριθεί 12 (πίνακες 5.3, 5.4) (Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

Πίνακας 5.3. Εγκεκριμένα προϊόντα Γ.Τ.Ο. με βάση την Οδηγία 90/220/ΕΟΚ (μέχρι το Μάιο 2000) (Πηγή: ΦΑΡΜCONSULTING, 2001).

| Προϊόν | Εταιρεία | Χρονολογία έγκρισης ⁽¹⁾ /Συναίνεση κρατών μελών ⁽²⁾ |
|---|-----------------------------|---|
| 1. Εμβόλιο κατά της ασθένειας Aujeszky | Vemie Veterinar Chemie GmbH | 18.12.92 |
| 2. Εμβόλιο κατά της λύσσας | Rhone-Merieux | 19.10.93 |
| 3. Καπνός ανθεκτικός στο ζιζανιοκτόνο bromoxynil | Seita | 8.6.94 |
| 4. Εμβόλιο κατά της ασθένειας Aujeszky (περισσότερες χρήσεις) ⁽³⁾ | Vemie Veterinar Chemie GmbH | 18.7.94 |
| 5. Αρρενόστειρη ελαιοκράμβη ανθεκτική στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium (MS1, RF1) <i>Χρήσεις: βελτιωτικές ενέργειες</i> | Plant Genetic Systems | 6.2.96 |
| 6. Σόγια ανεκτική στο ζιζανιοκτόνο glyphosate <i>Χρήσεις: εισαγωγή και επεξεργασία</i> | Monsanto | 3.4.96 |
| 7. Αρρενόστειρο κичώριο ανεκτικό στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium <i>Χρήσεις: βελτιωτικές ενέργειες</i> | Bejo Zaden BV | 20.5.96 |
| 8. Καλαμπόκι ανθεκτικό σε έντομα (Bt) ανεκτικό στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium | Ciba-Geigy | 23.1.97 |
| 9. Αρρενόστειρη ελαιοκράμβη ανεκτική στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium (MS1, RF1) ⁽⁴⁾ | Plant Genetic Systems | 6.6.97 |
| 10. Αρρενόστειρη ελαιοκράμβη ανεκτική στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium (MS1, RF2) ⁽⁵⁾ | Plant Genetic Systems | 6.6.97 |
| 11. Δοκιμαστικό κιτ για την ανίχνευση υπολειμμάτων αντιβιοτικών στο γάλα | Vallo Oy | 14.7.97 |
| 12. Σειρές γαρίφαλου με τροποποιημένο χρώμα άνθους | Florigene | 1.12.97 (συναίνεση) |
| 13. Ελαιοκράμβη ανεκτική στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium (Topas 19/2) <i>Χρήσεις: εισαγωγή και επεξεργασία</i> | AgrEvo | 22.4.98 |
| 14. Καλαμπόκι ανεκτικό στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium (T25) | AgrEvo | 22.4.98 |
| 15. Καλαμπόκι με έκφραση του γόνου Bt <i>cryIA (b)</i> (MON 810) | Monsanto | 22.4.98 |
| 16. Καλαμπόκι ανεκτικό στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium και με έκφραση του γόνου Bt <i>cryIA (b)</i> (Bt-11) <i>Χρήσεις: εισαγωγή και επεξεργασία</i> | Novartis | 22.4.98 |
| 17. Σειρές γαρίφαλου με βελτιωμένη ζωή στο βάζο | Florigene | 20.10.98 (συναίνεση) |
| 18. Σειρές γαρίφαλου με τροποποιημένο χρώμα άνθους | Florigene | 20.10.98 (συναίνεση) |

⁽¹⁾Όπου εγέρθηκαν αντιρρήσεις από τις αρχές κρατών μελών.

⁽²⁾Απουσία αντιρρήσεων από τις αρχές κρατών μελών.

⁽³⁾Ίδιο προϊόν με το 1, με περισσότερες χρήσεις.

⁽⁴⁾Ίδιο προϊόν με το 5, με περισσότερες χρήσεις.

⁽⁵⁾Αυτό το προϊόν είναι αποτέλεσμα διαφορετικής μετατροπής από εκείνη του 9.

Πίνακας 5.4. Υπό έγκριση προϊόντα Γ.Τ.Ο. με βάση την οδηγία 90/220/ΕΟΚ (μέχρι το Μάιο 2000) (Πηγή: ΦΑΡΜCONSULTING, 2001).

| Προϊόν | Εταιρεία | Χώρα | Χρονολογία αίτησης |
|--|---------------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| 1. Καλαμπόκι με έκφραση του γόνου Bt <i>cryIA (b)</i> (MON 809) <i>Χρήσεις: όπως κάθε άλλο καλαμπόκι</i> | Pioneer | Γαλλία | 6.8.96 |
| 2. Αρρενόσπειρο κιχώριο ανεκτικό στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium ⁽¹⁾ <i>Χρήσεις: ως τρόφιμο και ως ζωοτροφή</i> | Bejo Zaden BV | Ολλανδία | 20.9.96 |
| 3. Ελαιοκράμβη ανεκτική στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium (FALCON GS40/90) <i>Χρήσεις: όπως οποιαδήποτε άλλη ελαιοκράμβη</i> | AgrEvo | Γερμανία | 25.11.96 |
| 4. Αρρενόσπειρη ελαιοκράμβη ανεκτική στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium (MS8, RF3) <i>Χρήσεις: όπως οποιαδήποτε άλλη ελαιοκράμβη</i> | Plant Genetic Systems | Βέλγιο | 16.1.97 |
| 5. Κτηνοτροφικό τεύτλο ανεκτικό στο ζιζανιοκτόνο glyphosate <i>Χρήσεις: σποροπαραγωγή και ζωοτροφή</i> | DLF-Trifolium, Monsanto, Danisco Seed | Δανία | 9.10.97 |
| 6. Τομάτα με μειωμένη έκφραση του ενδογενούς γόνου PG στον καρπό <i>Χρήσεις: όπως οποιαδήποτε άλλη βιομηχανική τομάτα</i> | Zeneca | Ισπανία | 24.11.97 |
| 7. Βαμβάκι με έκφραση του γόνου Bt <i>cryIA (c)</i> (σειρά 531) <i>Χρήσεις: όπως κάθε άλλο βαμβάκι</i> | Monsanto | Ισπανία | 24.11.97 |
| 8. Βαμβάκι ανεκτικό σε ζιζανιοκτόνο (σειρά 1445) <i>Χρήσεις: όπως κάθε άλλο βαμβάκι</i> | Monsanto | Ισπανία | 24.11.97 |
| 9. Πατάτα με αλλαγμένη σύνθεση αμύλου <i>Χρήσεις: όπως κάθε άλλο άμυλο πατάτας</i> | Amylogene | Σουηδία | 20.5.98 |
| 10. Ελαιοκράμβη ανεκτική στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium (Liberator) <i>Χρήσεις: όπως οποιαδήποτε άλλη ελαιοκράμβη</i> | AgrEvo | Γερμανία | 29.10.98 |
| 11. Καλαμπόκι ανεκτικό στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium και με έκφραση του γόνου Bt <i>cryIA (b)</i> (Bt-11) ⁽²⁾ <i>Χρήσεις: καλλιέργεια</i> | Novartis | Γαλλία, Ισπανία | 12.4.99 και 3.5.99 αντίστοιχα |
| 12. Καλαμπόκι ανεκτικό στο ζιζανιοκτόνο glufosinate ammonium και με έκφραση του γόνου Bt <i>cryIA (b)</i> (T25+MON 810) ⁽³⁾ <i>Χρήσεις: όπως κάθε άλλο καλαμπόκι</i> | Pioneer | Ολλανδία | 29.4.99 |
| 13. Καλαμπόκι ανεκτικό στο ζιζανιοκτόνο glyphosate (GA2 1) <i>Χρήσεις: όπως κάθε άλλο καλαμπόκι</i> | Monsanto | Ισπανία | 20.5.99 |
| 14. Καλαμπόκι ανεκτικό στο ζιζανιοκτόνο glyphosate (GA2 1) ⁽⁴⁾ <i>Χρήσεις: εισαγωγή και επεξεργασία</i> | Monsanto | Μ. Βρετανία | 28.10.99 |

⁽¹⁾ Ίδιο προϊόν με το 7, του προηγούμενου πίνακα, που έχει έγκριση μόνο για βελτιωτικές ενέργειες.

⁽²⁾ Ίδιο προϊόν με το 16, του προηγούμενου πίνακα, που έχει έγκριση μόνο για εισαγωγή και επεξεργασία.

⁽³⁾ Αυτό το προϊόν αποκτήθηκε με συμβατικές διασταυρώσεις, μεταξύ των προϊόντων 14 και 15 του προηγούμενου πίνακα.

⁽⁴⁾ Ίδιο προϊόν με το 13 του πίνακα, αλλά για περιορισμένη χρήση (όχι καλλιέργεια).

Στην Ελλάδα, το θέμα αντιμετωπίστηκε από την αρχή με πολλές επιφυλάξεις, τόσο από αρκετά μέλη της επιστημονικής κοινότητας και την κοινή γνώμη, όσο και από τα αρμόδια όργανα της πολιτείας. Είναι χαρακτηριστική η δήλωση του πρώην υπουργού Γεωργίας κ. Γ. Ανωμερίτη, το Νοέμβριο του 2000 (στο 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο για το Πολλαπλασιαστικό Υλικό, που έγινε στην Αθήνα), ότι «εμείς, πέρα από τους άλλους λόγους, δε χρειαζόμαστε αυτή τη στιγμή γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς, γιατί ακριβώς ο στρατηγικός μας στόχος είναι η παραγωγή προϊόντων ποιότητας και γιατί δεν έχουμε τις απέραντες εκτάσεις για να καλλιεργήσουμε τέτοια προϊόντα και να κατακτήσουμε τις μεγάλες αγορές».

Προς το παρόν, δεν έχει επιτραπεί η καλλιέργεια και έχουν γίνει μόνο πειραματικές δοκιμές για τη γενετικά τροποποιημένη τομάτα (το 1997), βαμβάκι και καλαμπόκι (το 1998). Οι δοκιμές αυτές έγιναν υπό αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες και τα προϊόντα ή τα υπολείμματα της καλλιέργειας καταστράφηκαν. Λόγω όμως των αντιδράσεων από διάφορους φορείς και πολίτες, αλλά και των αρνητικών γενικά αποφάσεων των κατά τόπους νομαρχιακών συμβουλίων, το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. απέρριψε τα επόμενα χρόνια τις αιτήσεις των ενδιαφερόμενων εταιρειών εμπορίας σπόρων γενετικά τροποποιημένων φυτών, για πειραματική καλλιέργεια βαμβακιού, καλαμποκιού και τεύτλων σε διάφορες περιοχές της χώρας.

Είναι γνωστό, βέβαια, το θέμα που δημιουργήθηκε την καλλιεργητική περίοδο του 1999 με τις προσμίξεις γενετικά τροποποιημένων σπόρων σε παρτίδες συμβατικών σπόρων βαμβακιού, με αποτέλεσμα να καλλιεργηθεί κατά λάθος γενετικά τροποποιημένο βαμβάκι, σε μικρή έκταση. Μετά τους σχετικούς ελέγχους, το υπουργείο Γεωργίας ανακοίνωσε ότι το πρόβλημα είναι περιορισμένο και ότι «εντοπίστηκαν οι σπορομερίδες με τα σοβαρότερα προβλήματα προσμίξεων γενετικά τροποποιημένων σπόρων και οι παραγωγές που προέρχονταν απ' αυτές συνελέγησαν, εκκοκκίστηκαν χωριστά και καταστράφηκαν σε ειδικά καμίνια» (*Εθή Θεοδοσιάδου, 2001*).

Το Φεβρουάριο του 1998 κατατέθηκαν 12 αιτήσεις για πειραματισμό, όχι όμως και αιτήσεις για εμπορική εκμετάλλευση γενετικά τροποποιημένων φυτών (πίνακας 5.5). Από τις παραπάνω αιτήσεις, 1 έχει εγκριθεί (τομάτα με βελτιωμένα χαρακτηριστικά της Monsanto), 5 έτυχαν θετικής εισήγησης της αρμόδιας Ελληνικής επιτροπής (Επιτροπή Γνωμοδότησης Φακέλου Γνωστοποίησης), και 6 εκκρεμούν (*Κ. Α. Λουλακάκης, 1999*).

Πίνακας 5.5. Κατάσταση αιτήσεων για πειραματισμό γενετικά τροποποιημένων φυτών στην Ελλάδα σύμφωνα με την Οδηγία 90/220/ΕΟΚ (Πηγή: Κ. Α. Λουλακάκης, 1999).

| Προϊόν | Εταιρεία | Ημερομηνία κατάθεσης | Υφιστάμενη κατάσταση |
|---|-----------|----------------------|----------------------|
| 1. Τομάτα με βελτιωμένα χαρακτηριστικά | Monsanto | 1996 | Εγκριμένο |
| 2. Καλαμπόκι με αντοχή στο glufosinate ammonium | AgrEvo | 1996 | Εισήγηση Επιτροπής |
| 3. Βαμβάκι με αντοχή στις κάμπιες λεπιδοπτέρων | Χελλασίντ | 1997 | Εισήγηση Επιτροπής |
| 4. Βαμβάκι με αντοχή στο glyphosinate | Χελλασίντ | 1997 | Εισήγηση Επιτροπής |
| 5. Βαμβάκι με αντοχή στην αδρομύκωση | Χελλασίντ | 1997 | Εισήγηση Επιτροπής |
| 6. Καλαμπόκι με αντοχή στην πυραλίδα | Χελλασίντ | 1997 | Εισήγηση Επιτροπής |
| 7. Βαμβάκι με αντοχή στο glyphosate | Monsanto | 11/1997 | Εκκρεμές |
| 8. Βαμβάκι με αντοχή στις κάμπιες λεπιδοπτέρων | Monsanto | 11/1997 | Εκκρεμές |
| 9. Βαμβάκι με αντοχή είτε στο glyphosate είτε στις κάμπιες λεπιδοπτέρων | Monsanto | 11/1997 | Εκκρεμές |
| 10. Καλαμπόκι με αντοχή στο glyphosinate ammonium | AgrEvo | 2/1998 | Εκκρεμές |
| 11. Καλαμπόκι με αντοχή στο glufosinate | Χελλασίντ | 2/1998 | Εκκρεμές |
| 12. Καλαμπόκι με προστασία κατά των εντόμων | Χελλασίντ | 2/1998 | Εκκρεμές |

Για την αντιμετώπιση ενδεχόμενων νέων προβλημάτων στο μέλλον, εκδόθηκε στις αρχές της καλλιεργητικής περιόδου του 2000 η κοινή υπουργική απόφαση 332657/21.2.2001 (ΦΕΚ β 176), με την οποία καθορίζονται οι όροι για την πιστοποίηση και την εμπορία των συμβατικών ποικιλιών σπόρων σποράς, ως προς την παρουσία προσμίξεων με σπόρους γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών φυτικών ειδών, ανεξαρτήτως προέλευσης, καθώς και η διαδικασία και οι έλεγχοι για την τήρηση των όρων αυτών. Στο κείμενο της απόφασης επισημαίνεται ότι «στους προς εμπορία σπόρους σποράς μη γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών δεν επιτρέπεται η παρουσία γενετικά τροποποιημένων σπόρων, των οποίων οι γενετικές τροποποιήσεις δεν καλύπτονται από απόφαση της επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων για τη διάθεση τους στην αγορά». Σημειώνεται ότι τη χώρα μας ενδιαφέρει κυρίως το βαμβάκι, αλλά και το καλαμπόκι και η βιομηχανική τομάτα.

Οι τότε αρμόδιοι υφυπουργοί ΠΕΧΩΔΕ κ. Η. Ευθυμιόπουλος και Γεωργίας κ. Β. Αργύρης, δήλωσαν ότι η συγκεκριμένη ΚΥΑ «αποτελεί

πρωτοποριακό θεσμικό πλαίσιο, αντίστοιχο του οποίου δεν υπάρχει σε κανένα άλλο κράτος – μέλος της Ε.Ε» και επισήμαναν ότι, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ελλάδα συγκαταλέγεται μεταξύ των χωρών εκείνων που πρωταγωνιστούν στη διαδικασία βελτίωσης των Οδηγιών που διέπουν το καθεστώς των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών και ότι το μορατόριουμ που έχει υπογράψει «δεν αποτελεί για μας ένα τελικό στόχο, αλλά ένα μέσο πίεσης προς την κατεύθυνση της βελτίωσης του νομικού πλαισίου για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Η θέση μας είναι ότι ο ελληνικός αγροτικός τομέας έχει σημαντικές δυνατότητες ανάπτυξης μέσα από μορφές γεωργίας που σέβονται το περιβάλλον και διασφαλίζουν την αειφορία του. Άλλωστε, τα ελληνικά αγροτικά προϊόντα μπορούν να αποτελέσουν ασφαλή απάντηση στην εντεινόμενη διατροφική κρίση».

Σ' ό,τι αφορά τέλος την εισαγωγή για κατανάλωση προϊόντων από γενετικά τροποποιημένα φυτά στην Ελλάδα, παρά το γεγονός ότι η Ε.Ε. έχει εγκρίνει την εισαγωγή τέτοιων προϊόντων (με πρώτη τη σόγια το 1996), αρκεί να υπάρχει σήμανση στην ετικέτα, μέχρι τώρα δεν έχει γίνει επίσημα καμία εισαγωγή προϊόντος από γενετικά τροποποιημένα φυτά για ανθρώπινη κατανάλωση. Όμως, γίνονται εισαγωγές προϊόντων, όπως π.χ. σογιάλευρου (αναφέρεται ότι η χώρα μας εισάγει 330.000 τόνους σόγιας το χρόνο, σε σύνολο 16,7 εκατομμύρια τόνους στην Ε.Ε.) ή τροφών για κατοικίδια ζώα, ορισμένα, απ' τα οποία διοχετεύονται στην ελληνική αγορά ως συμβατικά, αλλά προέρχονται ή περιέχουν σε κάποιο ποσοστό συστατικά από γενετικά τροποποιημένα φυτά. Και αυτό γιατί, ενώ σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ε.Ε. είναι υποχρεωτικό να αναγράφεται στην ετικέτα του προϊόντος αν προέρχεται από γενετικά τροποποιημένο οργανισμό «εφόσον περιέχει ένα τουλάχιστον συστατικό από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς σε ποσοστό πάνω από 1%», στην Αμερική δεν προβλέπεται κάτι τέτοιο και η διαδικασία θεωρείται αδικαιολόγητη και ανεφάρμοστη, λόγω τεχνικών δυσκολιών, με αποτέλεσμα να έρχονται φορτία χωρίς αυτή την επισήμανση και να χρησιμοποιούνται όπως τα συμβατικά προϊόντα. Σύμφωνα με το ελληνικό γραφείο της Greenpeace μετά από έρευνα που πραγματοποίησε τον Ιανουάριο και τον Αύγουστο του 1999, σε προϊόντα ελληνικής παραγωγής και εισαγόμενα στην ελληνική αγορά, διαπιστώθηκε, από την ανάλυση 25 δειγμάτων σε ειδικά εργαστήρια της Γερμανίας (χρησιμοποιήθηκε τεχνική PCR) ότι 11 από αυτά περιείχαν γενετικά τροποποιημένη σόγια ή καλαμπόκι χωρίς να έχουν τη σήμανση που επιβάλλει η κοινοτική νομοθεσία. Πρόκειται για σογιάλευρο, λεκιθίνη, τσίπς, γκοφρέτες, μπιφτέκια σόγιας κ.λ.π. Οι περισσότεροι εισαγωγείς ή βιομηχανίες τροφίμων δεσμεύτηκαν να αποσύρουν τα προϊόντα αυτά, σε

κάποιες περιπτώσεις μάλιστα δήλωσαν πως διαθέτουν πιστοποιητικά και αναλύσεις ότι η πρώτη ύλη που χρησιμοποιούν ή το προϊόν που εμπορεύονται δεν περιέχει γενετικά τροποποιημένα σόγια και ότι πιθανόν να έγινε επιμόλυνση της πρώτης ύλης, σε κάποιο στάδιο μεταφοράς ή αποθήκευσης της (*Εύη Θεοδοσιάδου, 2001*).

5.6 Διπλώματα Ευρεσιτεχνίας για γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς

Η βιοτεχνολογία και η γενετική μηχανική διαδραματίζουν έναν ολοένα σημαντικότερο ρόλο σε ένα ολοένα διευρυνόμενο φάσμα βιομηχανικών και γεωργικών δραστηριοτήτων. Η έρευνα και ανάπτυξη στους τομείς αυτούς (της βιοτεχνολογίας και της γενετικής μηχανικής) απαιτούν σημαντικότερες επενδύσεις υψηλού κινδύνου, που αναμφισβήτητα πρέπει να προστατευθούν νομικά.

Το δίκαιο, μέσω του συστήματος χορήγησης διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας πρέπει να είναι σε θέση από τη μια πλευρά να εξασφαλίζει ικανοποιητικά τις πολυδάπανες αυτές επενδύσεις, και τη βιομηχανική εκμετάλλευση των αποτελεσμάτων της έρευνας, κι από την άλλη να ενθαρρύνει την διάδοση των γνώσεων στον τομέα αυτό της τεχνολογίας, που χωρίς την προστασία του διπλώματος ευρεσιτεχνίας θα παρέμεναν απόρρητες.

Το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας είναι ένας τίτλος που χορηγείται από το κράτος, για περιορισμένο χρονικό διάστημα (20 χρόνια) και παρέχει στο δικαιούχο το αποκλειστικό δικαίωμα να εκμεταλλεύεται παραγωγικά την εφεύρεση του. Χορηγείται δε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για κάθε εφεύρεση νέα, που περιέχει εφευρετική δραστηριότητα και είναι επιδεκτική βιομηχανικής εφαρμογής. Στους επιστημονικούς κύκλους είναι γνωστό ως πατέντα ή πατέντο (*Θ. Σμιτσή, 1997*).

5.6.1 Διπλώματα Ευρεσιτεχνίας και νόμος

Το ισχύον δίκαιο ευρεσιτεχνίας στην Ευρώπη στηρίζεται στη Σύμβαση του Στρασβούργου της 27^{ης} Νοεμβρίου 1963, το περιεχόμενο της οποίας ενσωματώθηκε στη λεγόμενη «Σύμβαση του Μονάχου» (Συμφωνία για τη χορήγηση Ευρωπαϊκών Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας της 5^{ης} Οκτωβρίου 1973), μητέρα του Ευρωπαϊκού Γραφείου Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας του Μονάχου. Στη σύμβαση αυτή ανήκουν το σύνολο των κρατών – μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Ελβετία, το Liechtenstein και το Μονακό.

Όλες οι Εθνικές νομοθεσίες των κρατών μελών της Συμφωνίας του Μονάχου έχουν εναρμονιστεί με τις ουσιαστικές της διατάξεις. Το αποτέλεσμα είναι ότι το σύνολο της ισχύουσας νομοθεσίας στην Ευρώπη για τη χορήγηση Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας ανατρέχει σε κείμενα που συντάχθηκαν πριν από 35 χρόνια, σε μια εποχή όπου ήταν αδιανόητη η πρόβλεψη της σημερινής εξέλιξης της βιοτεχνολογικής έρευνας.

Τα Εθνικά Γραφεία Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας, αλλά και τα εθνικά δικαστήρια μπορούν θεωρητικά να αναφέρονται στην ισχύουσα νομοθεσία όταν εξετάζουν θέματα σχετικά με βιοτεχνολογικές εφευρέσεις. Η νομοθεσία αυτή δεν εξαιρεί ρητά κανένα τομέα της τεχνικής από τη δυνατότητα κατοχύρωσης με Διπλώματα Ευρεσιτεχνίας εφόσον πληρούνται οι προϋποθέσεις του νόμου. Ο νόμος αποδεικνύεται όμως ανίκανος να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά τις ιδιαιτερότητες της τεχνολογίας που δεν αφορά άψυχο, αλλά έμψυχο υλικό. Η ατέλεια του νόμου φαίνεται ιδιαίτερα όταν πρόκειται για την αξιολόγηση της ηθικής διάστασης ορισμένων βιοτεχνολογικών εφευρέσεων, η οποία μπορεί να αποδειχθεί μία μόνιμη απειλή ανασφάλειας του δικαίου, αν δεν προσδιοριστεί νομοθετικά.

Παράλληλα οι υποβαλλόμενες αιτήσεις για χορήγηση Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας επί βιολογικού υλικού, καθώς και τα χορηγηθέντα διπλώματα αυξάνονται συνεχώς, όπως αυξάνονται και τα προς διευθέτηση θέματα. Αποκαλυπτικές είναι οι σχετικές στατιστικές του Γραφείου του Μονάχου. Είναι επίσης χαρακτηριστικό το προβάδισμα των Αμερικανικής προέλευσης των βιοτεχνολογικών εφευρέσεων στις στατιστικές αυτές.

Έχουμε φτάσει λοιπόν σήμερα στην Ευρώπη στην παράδοξη κατάσταση να εφαρμόζουμε “παλιά” νομοθεσία για “νέα” τεχνολογία (Θ. Σιμιτσή, 1997).

5.7 Βιοασφάλεια

Για να επιτραπεί η καλλιέργεια κάποιου φυτού “γενετικά τροποποιημένου οργανισμού” θα πρέπει να πληρεί τις συνθήκες του κανονισμού 90/220 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μία γενετικά τροποποιημένη καλλιέργεια αξιολογείται κυρίως σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο και το πιο “ανώδυνο” είναι αυτό της πειραματικής καλλιέργειας. Είναι η απόδοση της καλλιέργειας στα διάφορα μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σε διάφορες περιοχές όπου γίνεται εκτίμηση της παραγωγής σε πραγματικές αγροτικές συνθήκες. Το δεύτερο επίπεδο είναι το επίπεδο της καλλιέργειας και παραγωγής και της εμπορευματοποίησης για τη χρήση που έχει γίνει συγκεκριμένα η αίτηση. Ένα παράλληλο επίπεδο είναι μόνο αυτό της

εμπορευματοποίησης κάποιων βιοτεχνολογικών προϊόντων που έχουν παραχθεί κάπου άλλου (π.χ. Η.Π.Α.). Η απόφαση για έγκριση σε οποιοδήποτε επίπεδο εξαρτάται σε εθνικό επίπεδο, για όλα τα κράτη-μέλη, από τις αποφάσεις της επιτροπής που απαρτίζεται από διαφόρους ειδικούς από τα υπουργεία περιβάλλοντος, υγείας, γεωργίας, βιομηχανίας κ.λ.π. Ακολούθως οι αποφάσεις (εγκρίσεις-προτάσεις-ενστάσεις) υποβάλλονται σε κοινοτικό επίπεδο, ώστε να τροποποιηθεί, να εγκριθεί ή να μην εγκριθεί η αίτηση της γενετικά τροποποιημένης καλλιέργειας σε οποιοδήποτε επίπεδο. Όμως, είναι σημαντικό να εντοπιστούν και να αναγνωριστούν ζητήματα βιοασφάλειας. Ένα σημαντικό μέρος του μάρκετινγκ, τουλάχιστον στην πρώτη φάση της εμπορευματοποίησης των γενετικά τροποποιημένων φυτών, είναι να γίνονται ευρύτερα γνωστά τα θέματα της βιοασφάλειας. Θα πρέπει να ενημερώνεται εκ των προτέρων η χώρα και εάν υπάρχει θετική έγκριση να εισάγονται οι διαγονιδιακοί σπόροι ή τα προϊόντα που προέρχονται από γενετικά τροποποιημένα φυτά.

Το επόμενο σημείο που θα πρέπει να αναφερθεί είναι το σημείο του μαρκαρίσματος (ετικέτας). Διάφορες χώρες θεωρούν την επιβολή του μαρκαρίσματος αναγκαία. Υπάρχουν, βέβαια, περιπτώσεις που δικαιολογούν τέτοιες δράσεις, όπως στις περιπτώσεις που μία αλλεργιογόνος πρωτεΐνη μεταφέρεται από ένα οργανισμό σε κάποιο άλλο και που ο καταναλωτής δεν το αναμένει ή δεν το γνωρίζει παρά μόνο μετά την ανάγνωση της ετικέτας, όπου ενδεχομένως το μαρκάρισμα μπορεί να δημιουργεί φραγμούς στο μάρκετινγκ κάποιου προϊόντος. Σ' άλλες περιπτώσεις το μαρκάρισμα πλεονεκτεί στο μάρκετινγκ διαφόρων προϊόντων. Όμως, σε τελευταία ανάλυση ο καταναλωτής είναι ελεύθερος να διαλέξει και να καταναλώσει το προϊόν και ο ίδιος θα πρέπει να είναι καλά πληροφορημένος και ενήμερος για το αν το προϊόν προέρχεται από γενετικά τροποποιημένα φυτά ή οργανισμούς. Στην Ευρώπη τουλάχιστον υπάρχουν σημαντικές απαιτήσεις μαρκαρίσματος των προϊόντων που προέρχονται από βιοτεχνολογικά τροποποιημένους οργανισμούς (Χατζόπουλος Πολυδεύκης, 2001).

Καταναλωτές που οι θρησκευτικές τους πεποιθήσεις τους υπαγορεύουν ένα συγκεκριμένο τρόπο διατροφής, όπως και οι χορτοφάγοι, έχουν επίσης εκφράσει τις ανησυχίες τους για την απόφαση της υπηρεσίας τροφίμων και φαρμάκων για να μην απαιτείται ετικέτα με τα συστατικά των προϊόντων. Για παράδειγμα, οι μουσουλμάνοι και οι εβραίοι δεν θα γνωρίζουν εάν οι τροφές τους θα περιέχουν γονίδια από γουρούνια. Ούτε οι χορτοφάγοι θα γνωρίζουν εάν αυτό που τρώνε περιέχει γονίδια ζώων. Μια έρευνα της κοινής γνώμης που διεξάχθηκε το 1997 για λογαριασμό του υπερεθνικού ομίλου Novartis αποκάλυψε ότι το 93% των ερωτηθέντων είχε τη γνώμη ότι

θα έπρεπε να υπάρχει ετικέτα με τα συστατικά σ' όλες τις βιοτεχνολογικές τροφές (*Jeremy Rifkin, 1998*).

ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΑ

Η βιοτεχνολογία είναι η νέα πρόκληση για ανθρώπινη ευημερία, αλλά και το καταλυτικό εργαλείο που μπορεί να δημιουργήσει μη αναστρέψιμα προβλήματα. Η διεπιστημονικότητα της βιοτεχνολογίας, καθώς και η αναβαθμισμένη πολιτισμική θεώρηση και πρακτική, που πρέπει να διέπει τον οικονομικά αναπτυγμένο κόσμο είναι ισχυρές παράμετροι για την ανάπτυξη μηχανισμών ασφαλούς αξιοποίησής της.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσα από σωρεία πιλοτικών προγραμμάτων ερευνητικού, εκπαιδευτικού κ.λ.π. χαρακτήρα (BEP, BAP, BRIDGE, ÉCLAIR, FLAIR, HUMAN GENOME ANALYSIS, VALUE, MONITOR, κ.ά.) προωθεί τη βιοτεχνολογική καινοτομία στη βάση της ευρωπαϊκής συνεργασίας. Ακόμα μέσω του τέταρτου Προγράμματος Πλαισίου Στήριξης για την Έρευνα και την Τεχνολογία (1994-1998) κατένειμε 525 εκ. ECU για τη βιοτεχνολογία. Οι ενέργειες αυτές δείχνουν τη θέληση για ουσιαστική ενδυνάμωση του στρατηγικού ρόλου της Ενιαίας Ευρώπης στη παγκόσμια βιοτεχνολογική αγορά.

Η νέα πραγματικότητα, που έχει διαμορφωθεί με το τέλος αυτής της χιλιετίας, δίνει το προβάδισμα της ανθρώπινης προσπάθειας για κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη στη γνώση. Οι σύγχρονες τεχνολογικές δυνατότητες, ανάμεσα στα άλλα, προσφέρουν και ασύμμετρη πληροφόρηση στον απλό πολίτη – καταναλωτή.

Χρέος της επιστημονικής κοινότητας είναι να περιφρουρήσει τα κοινωνικά δικαιώματα για έγκυρη και αξιόπιστη ενημέρωση και με καλές πρακτικές να διασφαλίσει τις προοπτικές ευημερίας, που μπορεί να προσφέρει η βιοτεχνολογία, μειώνοντας στο ελάχιστο αστοχίες και εν γένει ανεπιθύμητες ενέργειες (Π. Καλδής, Μ. Τσόγκας, 1997).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Altman, Arie (ed) 1998.** Agricultural Biotechnology. Marcel Dekker Inc, New York, Basel, Hong kong. pp. 163-164.
- Amizee, Firoz 1998.** Καλαμπόκι ανθεκτικό στα έντομα: Ασφάλεια και οφέλη. Περιλήψεις συνεδρίου «Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί στη γεωργία: παρόν και μέλλον» Αθήνα 8-9.12.1998, Υπουργείο Γεωργίας – Γ.Π.Α., Αθήνα. 35 σελ.
- Ανώνυμος, 2000.** Εναντία στον τεχνοφασισμό των γενετικά τροποποιημένων προϊόντων. *ΔΗΩ* 17: 38-39.
- British Medical Association, 1998.** Το γενετικό μας μέλλον: Η επιστήμη και η ηθική της γενετικής τεχνολογίας. 1^η Έκδοση. Εκδόσεις Λέξημα, Αθήνα. σελ. 9-10/103/116-121/124/185/188/190-193/195.
- Chrispeels, M.J. and D.E. Sadava 1994.** Plants, Genes and Agriculture. Jones and Bartlett Publishers Inc, United States of America. pp. 381-382/410-414/430-431.
- Γιαννοπολίτης, Κ.Ν. 1999α.** Γενετικά τροποποιημένα φυτά. Ι. Ανάπτυξη και χρήση φυτών με ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα. *Γεωργία-Κτηνοτροφία* 2: 13-17.
- Γιαννοπολίτης, Κ.Ν. 1999β.** Γενετικά τροποποιημένα φυτά. ΙΙ. Ανάπτυξη και χρήση φυτών με ανθεκτικότητα σε έντομα. *Γεωργία-Κτηνοτροφία* 3: 21-24.
- Ελευθεροχωρινός, Η.Γ. 1998.** Γενετικά τροποποιημένα φυτά με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα: Ζιζανιολογικοί προβληματισμοί. Περιλήψεις συνεδρίου «Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί στη γεωργία: παρόν και μέλλον» Αθήνα 8-9.12.1998, Υπουργείο Γεωργίας-Γ.Π.Α., Αθήνα. 40 σελ.
- Ellstrand, Norman C. 2001.** When Transgenes wander, should we worry?. *Plant Physiology* 125: 1543-1545.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1999.** Οι “κερκόπορτες” για τα μεταλλαγμένα. Αφιέρωμα “Μεταλλαγμένα τρόφιμα”. Εφημερίδα Ελευθεροτυπία. 29.5.1999. 18 σελ.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2001.** Έγγραφο Διαβούλευσης: Για μια στρατηγική θεώρηση των βιοεπιστημών και της βιοτεχνολογίας. *ΦΑΡΜ consulting* 2/2001: 9-10.
- Ζηζιούλας, Ιωάννης 2001.** Το πρόσωπο και οι γενετικές παρεμβάσεις. *Τνδικτος* 14: 63-66.
- Fincham, J.R.S. and J.R. Ravetz 1991.** Genetically engineered organisms: benefits and risks. Open University Press, Buckingham. pp. 57-58.

Grienson, Don (ed) 1991. Plant genetic engineering. Blackie Academic and Professional, London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras. pp. 84/87/89-90/119/125/131-132/136-138/160.

Θεοδοσιάδου, Εύη 2001. Γενετική τροποποίηση των φυτών: Ο άνθρωπος σε ρόλο δημιουργού. *ΦΑΡΜ consulting* 2/2001: 18/20-24/27/30/32-39/42.

IFOAM, 1995. Βιολογική γεωργία και γενετική μηχανική: θέσεις για διάλογο. *ΔΗΩ* Ιουλίου: 14.

Internet Διευθύνσεις

<http://www.pmac.net/ieopardy.html>

http://www.memberstripod.com/c_raderO/gemod.htm

<http://netscape.esoterica.pt/~endmario/midi/genetic.htm>

<http://www.biotech.wisc.edu/Education/Poster/firstcommerce.html>

<http://www.biotech.wisc.edu/Education/Poster/howold.html>

<http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/gmo/fullrep/gloss.htm>

<http://www.biosociety.dms.it/TermDB.asp?Search=Biotechnology&Exact=Y>

http://www.wabio.com/definition_biotech.htm

<http://www.balwynhs.vic.edu.au/home/mendels/tomato.html>

<http://www.nottingham.org/potatopage/4.html>

<http://academy.d20.co.edu/Kadets/lundberg/images/biology/dna47.jpg>

<http://www.geocities.com/brendamcs/gmoPg2.html>

<http://ardnire.greenpeace.org/~geneng/>

<http://www.anth.org/ifgene/history.htm>

<http://www.anth.org/ifgene/tomatoes.jpg>

<http://www.truefoodnow.org/>

<http://www.ceresfarm.co.nz/biotech.htm>

Κάλδης, Π. και Μ. Τσόγκας 1997. Οικονομική διάσταση της βιοτεχνολογίας (υποδομές, επενδύσεις, μάρκετινγκ). Πρακτικά ημερίδας «Γεωργική Βιοτεχνολογία. Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί. Νομικά, ηθικά και κοινωνικά ζητήματα.» Αθήνα 20.12.1997, ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Αθήνα. 43 σελ.

Koehlin, Florianne 1995. Διαφορετική πρόοδος, διαφορετική έρευνα, διαφορετική επιστήμη η ποικιλομορφία. *ΔΗΩ* Ιουλίου: 49

Κολοτούρος, Κ. 2001. Γενετική τροποποίηση φυτών: Το θέμα επανέρχεται στην επικαιρότητα. *ΦΑΡΜ consulting* 2/2001: 3.

Κουράκης, Τάσος 1999. Μπροστά σε κινδύνους πλανητικής κλίμακας. Αφιέρωμα «Μεταλλαγμένα τρόφιμα». Εφημερίδα Ελευθεροτυπία 29.5.1999. σελ. 20-21.

Λουλακάκης, Κ.Α. 1999. Σημειώσεις Βιοτεχνολογίας φυτών. ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο. σελ. 120-122/125/130-142/144-146.

Ματθόπουλος, Δημήτριος 2001. Άνθρωπος και περιβάλλον: φιλοσοφική και ηθική διάσταση. *Τνδικτος* 14: 163-170.

Mayeno, A.N. and G.J. Gleich 1994. Eosinophilia myalgia syndrome and tryptophan production: a cautionary tale. *TIBTECH* 12: 346-352.

Monsanto Ελλάς ΕΠΕ, 1997. Γενετικά τροποποιημένα φυτά: Σημαντικά τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση τους. *Γεωργία-Κτηνοτροφία* 7: 47-49.

- Murphy, Denis 1998.** Διαγονιδιακά ελαιούχα φυτά: Πρόοδος, προβλήματα και μελλοντικές ευκαιρίες. Περιλήψεις συνεδρίου «Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί στη γεωργία: παρόν και μέλλον» Αθήνα 8-9.12.1998, Υπουργείο Γεωργίας – Γ.Π.Α., Αθήνα. 15 σελ.
- Ντούλης, Ανδρέας 2001.** Βιοτεχνολογία – Καιρός για ψυχραιμότερες σκέψεις και εμπειριστατωμένο προβληματισμό. *Τνδικτος* 14: 186-187.
- Πέτρου, Σ. Ιωάννης 2001.** Γενετική μηχανική και κοινωνία. *Τνδικτος* 14: 89-90.
- Quist, David and Ignacio H. Chapela 2001.** Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature* 414: 541-542.
- Rifkin, Jeremy 1998.** Ο Αιώνας της Βιοτεχνολογίας. Εκδόσεις «Νέα Σύνορα», Αθήνα. σελ. 157-159/161-162/172-186/212-214/219-222/224-230.
- Shewry, Peter R. 1998.** Διαγονιδιακό σιτάρι: Κίνδυνοι και οφέλη. Περιλήψεις συνεδρίου «Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί στη γεωργία: παρόν και μέλλον» Αθήνα 8-9.12.1998, Υπουργείο Γεωργίας – Γ.Π.Α., Αθήνα. 26 σελ.
- Σιμισή, Θ. 1997.** Πρόταση οδηγίας για τη νομική προστασία βιοτεχνολογικών εφευρέσεων. Πρακτικά ημερίδας «Γεωργική Βιοτεχνολογία. Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί. Νομικά, ηθικά και κοινωνικά ζητήματα» Αθήνα 20.12.1997, ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Αθήνα. σελ. 50-52.
- Σκαράκης, Γ.Ν. Ph. D. 1998.** Γενετικά τροποποιημένα ζαχαρότευτλα. Περιλήψεις συνεδρίου «Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί στη γεωργία: παρόν και μέλλον» Αθήνα 8-9.12.1998, Υπουργείο Γεωργίας – Γ.Π.Α., Αθήνα. σελ. 43-44.
- Spelman, Caroline A. 1994.** Non-food uses of agricultural raw materials: economics, biotechnology and politics. C.A.B. International, United Kingdom. pp. 69/81.
- Τσαντάρης, Αθ. 2001.** Οι εξελίξεις στη βιοτεχνολογία και οι προοπτικές των εφαρμογών της. *Τνδικτος* 14: 174-176/178-180.
- Τσαντάρης, Αθ. 1997.** Γενετικά τροποποιημένα φυτά: Επιτεύγματα, προοπτικές, προβληματισμοί. Πρακτικά ημερίδας «Γεωργική Βιοτεχνολογία. Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί. Νομικά, ηθικά και κοινωνικά ζητήματα» Αθήνα 20.12.1997, ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Αθήνα. σελ. 19-20.
- Τύπας, Μ. 1997.** Γενετικά τροποποιημένοι μικροοργανισμοί. Εφαρμογές στην παραγωγική διαδικασία. Πρακτικά ημερίδας «Γεωργική Βιοτεχνολογία. Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί. Νομικά, ηθικά και κοινωνικά ζητήματα» Αθήνα 20.12.1997, ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Αθήνα. σελ. 29/31-32.

Τύπας, Μ.Α. 1998. Γενετικά τροποποιημένοι μικροοργανισμοί. Εφαρμογές στην παραγωγική διαδικασία. Περίληψεις συνεδρίου «Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί στη γεωργία: παρόν και μέλλον» Αθήνα 8-9.12.1998, Υπουργείο Γεωργίας – Γ.Π.Α., Αθήνα. 57 σελ.

Χαραλαμπίδης, Ν. 1997. Απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον (ένα πείραμα σε πλανητική κλίμακα). Πρακτικά ημερίδας «Γεωργική Βιοτεχνολογία. Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί. Νομικά, ηθικά και κοινωνικά ζητήματα» Αθήνα 20.12.1997, ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Αθήνα. 58 σελ.

Χατζόπουλος, Πολυδεύκης 2001. Βιοτεχνολογία φυτών. Εκδόσεις ΈΜΒΡΥΟ, Αθήνα. σελ. 362-363/365-367/369/379/397-398/401/404-405/407-409/412-417/428-431/437-440/442-444/453-457/459/469/470-475/481.